

POHJANLAHTI TALVELLA

II. Jäätyminen ja jäänlaadut

THE GULF OF BOTHNIA IN WINTER

II. Freezing and ice forms

BY

ERKKI PALOSUO



HELSINKI 1963

POHJANLAHTI TALVELLA

II. Jäätyminen ja jäänlaadut

THE GULF OF BOTHNIA IN WINTER

II. Freezing and ice forms

BY

ERKKI PALOSUO



HELSINKI 1963



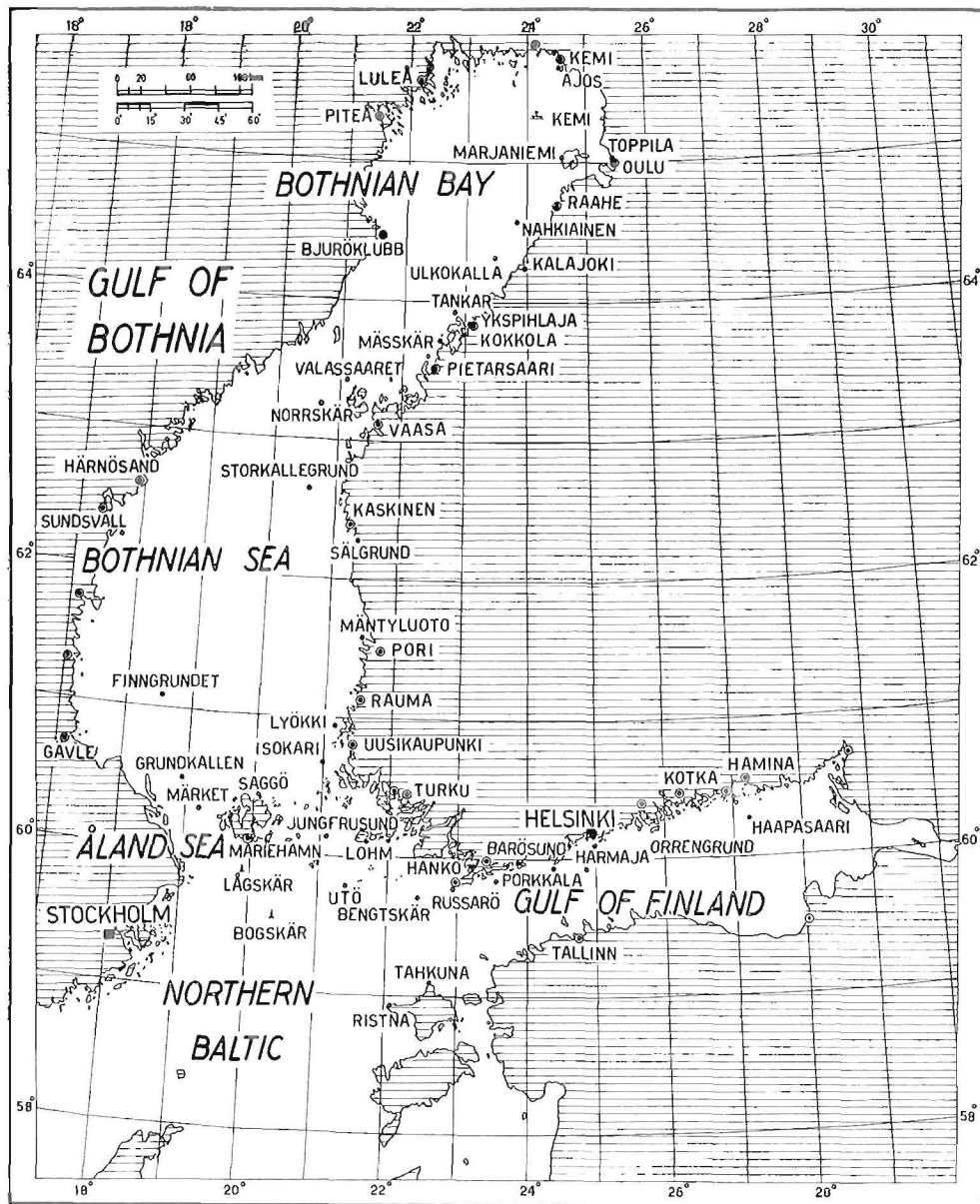
## Sisältö:

A. Ilma- ja meritieteellisistä tekijöistä	
1. Veden jäähtyminen pakkasjaksojen aikana	5
2. Jäänmuodostusta edeltävät pakaspäivät ja «pakassummat»	12
B. Erilaisten jäälaatuojen esiintymisestä	
1. Saariston jääpeitteestä	22
2. Jäälaaduista satamien päävöylillä	27
C. Jään paksuudesta ja sen rakenteesta	
1. Havaintotyön kehittyminen	42
2. Jään paksuuden kasvu	42
3. Kohvajään määrä	46
4. Jään suolapitoisuus	51

## Contents:

A. Meteorological and oceanographic factors	
1. The cooling of the water during the period of frost	5
2. The frost days and «frost sums» preceding the formation of ice	12
B. Different forms of ice cover	
1. Ice cover in the skerries	22
2. Forms of ice along the fairways	27
C. The thickness and structure of the ice	
1. Observations of the thickness of the ice	42
2. Growth of sea ice	42
3. The amount of «white-ice»	46
4. The salinity of the ice	51





Kuva 1.

Fig. 1.

## A. Ilma- ja meritieteellisistä tekijöistä

### 1. Veden jäähtyminen pakkasjaksojen aikana.

Talven tulo tapahtuu rytmillisesti siten, että kylmänpurkaukset ja leudot välikaudet vaihtelevat (kuva 2). *Simojoki* (1953) on osoittanut Helsingin ilman lämpötilaa tutkiessaan, että säärytmien luku on lähes vakio ja että niitä yhtenä talvikautena lokakuun alusta huhtikuun loppuun on keskimäärin 9. Tähän huomioon perustuen on oheisessa tutkittu pakkasjaksojen vaikutusta meriveden jäähtymiseen ja jään muodostukseen.

Tutkittaviksi valittiin talvet 1931/32—1955/56 eli 25 talvea. Mainitulta ajalta otettiin tarkasteltaviksi Oulussa, Vaasassa ja Maarianhaminassa tehdyt säähavainnot, jotka ovat ainoat yhtäjaksoiset sarjat Pohjanlahden Suomen puoleisella rannikolla. Tältä ajanjaksolta on myös olemassa kuten myöhemmin selostetaan vedenlämpötilamittauksia myös ulkomereltä. Vuonna 1955 alettiin majakka-aluksia korvata automaattisilla kasuuniloistoilla, eikä niihin asennettu rekisteröiviä vedenlämpömittareita.

Ilman lämpötilan vaikutuksen tutkimisessa on osoittautunut sopivaksi käyttää 5-päivän eli pentadilämpötila-arvoja (*Palosuo* 1951). Nämä ryhmitettiin siten, että lokakuun alusta lukien lämpötilan maksimikohdat ja toisaalta minimi tulivat kohdakkain. Jos jonakin vuonna säärytmien luku poikkesi 9:stä, suoritettiin tasoitus siten, että kussakin ryhmässä aikavaihtelu saatiin mahdollisimman pieneksi. Yleensä tasoitus suoritettiin joko keskitalvella, jol-

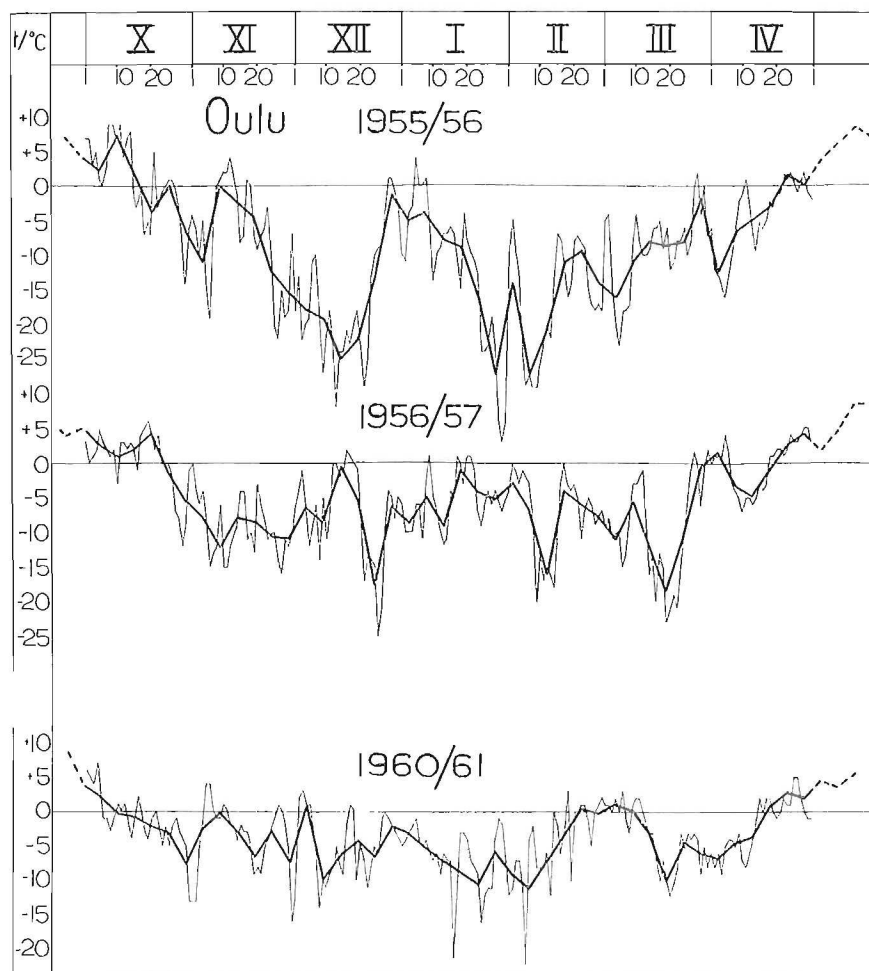
## A. Meteorological and oceanographic factors

### 1. The cooling of the water during the periods of frost.

Winter comes in an oscillatory manner, cold spells alternating rhythmically with warmer periods (Fig. 2). In his analysis of temperature readings at Helsinki, *Simojoki* (1953) has shown that the number of periods in a winter (from October to April inclusive) is as a rule, is nine. The present study has been based on »Simojoki's rule» and will show its application to the cooling and freezing of the sea.

A long series of meteorological observations from the east coast of the Gulf of Bothnia exist for Oulu, Vaasa and Maarianhamina. They were made during the 25 years from the winter 1931/32 to the winter 1955/56 and observations of water temperatures at sea (mentioned in more detail below) were kept concurrently. Since 1955, however, the lightships have gradually been replaced by caisson light-houses without thermographs or other means of securing water temperatures.

For such computations the air temperature may be suitably expressed in 5-day means (*Palosuo* 1951). These mean values are then arranged in such manner that the consecutive maxima and minima, from October onwards, fall on the same verticals. In any year in which the number of cycles is not nine a displacement is introduced to minimize the deviation of phase in any group. This displacement generally fits best in midwinter, when the amplitude of

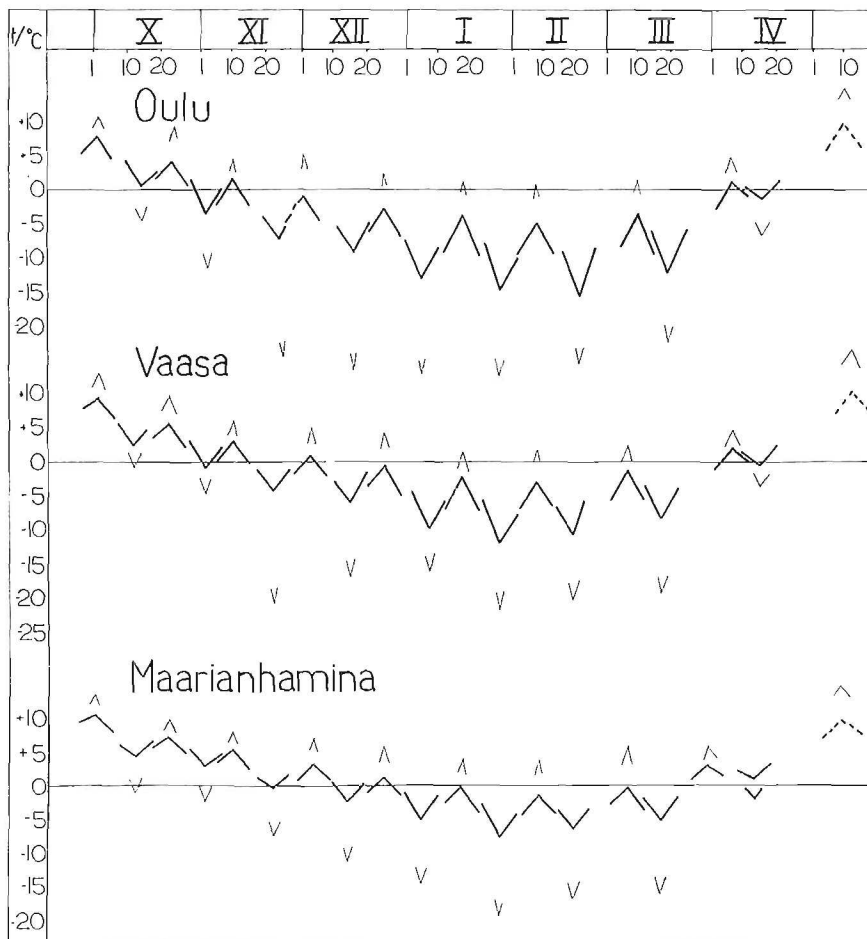


Kuva 2. Ilman lämpötila Oulussa erilaisina talvina. Päivittäinen keskilämpötila on kuvattu ohuella viivalla ja 5-päivän keskilämpötila paksulla viivalla.

Fig. 2. Air temperatures at Oulu for different winters. Daily mean temperatures connected by thin lines and five-day means by thick lines.

loin pitkien pakkasjaksojen aikana lämpötilavaihtelut olivat pieniä tai keväällä, jolloin ilman voimakas lämpiäminen teki rytmien havaitsemisen vaikeaksi. Säätymien aikavaihtelu saatiin siten kussakin ryhmässä supistumaan korkeintaan kahdeksi viikoksi. Tasointus Oulun, Vaasan ja Maarianhaminan osalta suoritettiin samoissa kohdissa.

the oscillation is not great, or in spring, when warming up is rapid and the cycles less easily identified. The variation in the time of occurrence of each cycle thus identified by a group number is two weeks. The necessary displacements were introduced on the same dates for Oulu, Vaasa and Maarianhamina.



Kuva 3. Ilman lämpötilan pentadien keskimääräiset arvot laskettuna talvilta 1932—1956, jolloin pentadiarvot on ryhmitelty maksimi- ja minimikohtien mukaan. Kunkin ryhmän ääriarvot on merkitty ohuella viivalla.

Fig. 3. The mean value for the years 1932—1956 of the pentade mean temperatures, when the pentades are arranged to make maxima and minima correspond. The extreme values in each group are indicated by thin lines.

Kun pentadien maksimi- ja minimikohdat kussakin ryhmässä oli sijoitettu kohdakkain, laskettiin niiden keskiarvot mainituilta 25:ltä talvelta eli 1932—56. Lisäksi laskettiin kunkin ääriarvon molemmin puolin olevien pentadien keskiarvot. Tulokset on esitetty kuviossa 3. Paitsi pentadien keskiarvoja on siihen merkitty myös kunkin ryhmän ääriarvot.

In each group the mean value was calculated from all maxima and all minima for the 25 years 1932—1956, and also for pentade values on either side of the extremes. The results are shown in Fig. 3, which also gives the highest and lowest pentade values for the period in question.

Tuloksia tarkasteltaessa havaitaan, että ensimmäinen maksimi sattui keskimäärin lokakuun alussa ja ensimmäinen minimi lokakuun puolivälissä. Tämä minimin keskimääräinen arvo on Oulussakin vielä 0-asteen yläpuolella samoin kuin kaikki tähän ryhmään kuuluvat arvot yhtä lukuunottamatta. Syksyllä 1941 saavutti Oulun pentadiarvo lokakuun alussa sangen alhaisen arvon  $-4.5^{\circ}\text{C}$ . Talvi 1941/42 muodostuikin äärimmäisen ankaraksi.

Talven toinen pakkasminimi sattui keskimäärin marraskuun alussa. Silloin Oulun ja Vaasan keskimääräiset pentadiarvot olivat jo 0-asteen alapuolella. Seuraavan maksimikohdan aikana, joka sattui marraskuun 10 päivän tienoille, lämpötila kohosi kummallakin asemalla 0-asteen yläpuolelle. Mutta senjälkeen Oulun pentadikeskiarvot pysyttelivät pakkasen puolella huhtikuun alkuun saakka.

Vaasassa pentadikeskiarvojen lasku pakkasen puolelle tapahtui joulukuun puolivälissä ja kylmää kautta kesti kuten Oulussakin keskimäärin huhtikuun alkuun saakka. Maarianhaminan osalta vastaava pakkaskausi alkoi keskimäärin 6:nnesta minimistä tammikuun lopulla ja loppui 8:nteen maksimiin maaliskuun lopussa. Yksityisinä talvina esiintyi kuitenkin huomattavia vaihteluita. Erityisesti Maarianhaminassa leutoina talvina pakkasjaksoit saattoivat supistua muutamaan päivään, kun taas ankarina talvina meren jäädyttyä siellä oli pitkiä ja kovia pakkaskausia.

Edellä suoritettu tasoitus pentadien ryhmittelyssä aiheutti niistä laskettuihin keskiarvoihin jonkin verran ajallista siirtymistä, mikä ilmenee käyrien epäjatkuvuutena varsinkin kevätpuolella. Esitystapa ei ole siten täysin yksikäsitteinen. Kuitenkin talven kehittymisen kannalta on hyödyllistä rakentaa jonkinlainen vertaustalvi, joka noudattaa yllä esitettyä lämpötilan keskimääräistä kulkua.

Jotta pakkasjaksojen vaikutus meriveden jäätymiseen saataisiin havainnollisesti esille, otettiin erällä meritieteellisillä asemilla mitatut pintaveden lämpötila-arvot ajalta 1932—56 ja ryhmitettiin ne

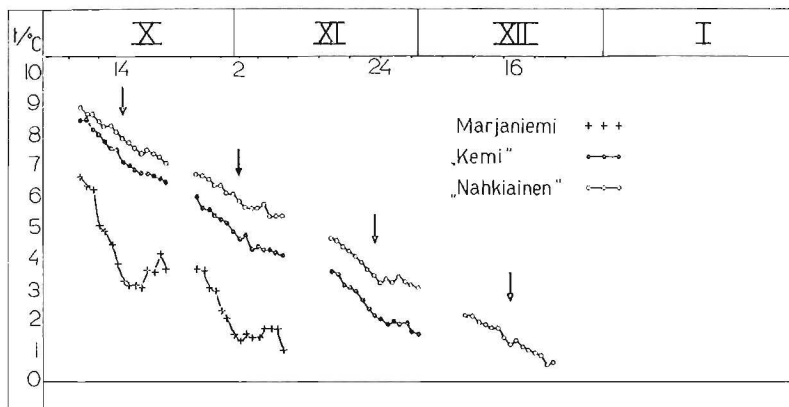
Usually a maximum was observed at the beginning of October, followed by a minimum, the first of the winter period, in the middle of October. This first minimum pentade value remained above  $0^{\circ}\text{C}$ . The only exception was the value for Oulu in 1941: the value  $-4.5^{\circ}\text{C}$  heralded the extremely severe winter of 1942.

The second minimum occurs at the beginning of November. The overall means for Oulu and for Vaasa are just below  $0^{\circ}\text{C}$ . The next maximum for Oulu, around November on the average, is again above freezing, but thereafter all pentade means for Oulu remain below the freezing point until the ninth maximum—April 7 or thereabouts.

At Vaasa the pentade means during the maxima fall below zero after the fourth minimum, which occurs about mid-December, and remain so until the end of winter (about April 7). At Maarianhamina the corresponding extremes are the sixth minimum in the latter half of January and eight maximum at the end of March. Of course, different winters show wide variations. At Maarianhamina in particular mild winters may bring but a few days of freezing, whereas severe winters give rise to long cold periods.

The displacements mentioned above and the ensuing phase shifts leave some dispersion: the curves are not continuous and the method is not completely unambiguous. But for purposes of comparison a «normal winter» is necessary, and this model winter should follow the mean temperature rhythm arrived at.

For the comparison of air temperatures with water temperatures the measured water temperatures were arranged in the same manner as the pentade temperature values for the air, but only for the frost



Kuva 4. Pintaveden lämpötilan keskimääräinen kulku Perämeren pohjoisosassa pakkaskausten aikana. Vedenlämpötila-arvot on ryhmitelty samalla tavalla kuin ilman lämpötila-arvot kuvion 3 laskemiseksi.

*Fig. 4. The mean variation of surface water temperature during frost periods. The temperature readings have been grouped in the same manner as the air temperature readings in Fig. 3.*

kohdakkain käyttäen samoja ajankohtia kuin edellä ilman lämpötilan pentadiminimi-arvoille. Sen jälkeen laskettiin kussakin ryhmässä pakkasminimiä vastaava pintaveden keskiarvo. Edelleen laskettiin pakkasminimiä edeltäneiden ja sitä seuranneiden seitsemän päivän pintaveden lämpötilan keskiarvot.

Oulun ympäristöstä valittiin Hailuodon länsikärjessä Marjaniemen luotsiasemalla tehdyt havainnot, jotka ovat lähellä rantaa matalassa vedessä tehtyjä mittauksia. Ulko-meriasemia olivat majakka-alukset »Kemi» ja »Nahkiainen». Näistä lasketut keskiarvot on esitetty kuviossa 4. Sen mukaan 7 päivää ennen ensimmäistä pakkasminimiä Marjaniemen pintaveden lämpötila oli vielä verrattain korkea, mutta se laski nopeasti ensimmäisen minimikauden aikana eli keskimäärin lokakuun puolivälissä. Sen jälkeisinä, useinkin myrskyisinä päivinä veden lämpötila hieman nousi, mutta lämpiäminen oli kuitenkin suhteellisen vähäistä. Tämä viittaa siihen, että veden vaihto ulapan kanssa on rajoitettua.

Näyttää siten ilmeiseltä, että rantavedet Oulun tienoilla jäähtyvät jo toisen pakkasminimin aikana ja että jäätyminen voi

minima. The mean water temperature for the whole period of 25 winters was then computed for the different minima. In addition the mean water temperatures for the seven days preceding and following the frost minima were computed.

For the Oulu region the water temperatures selected were those taken at Marjaniemi pilot station, at the western end of the island Hailuoto, where the water is shallow. Farther out at sea there were the lightships »Kemi» and »Nahkiainen». The observations show that during the first minimum the water at Marjaniemi cooled rapidly (Fig. 4). Since the days following this frost minimum, usually in mid-October, are often stormy, a slight warming of the water could later be detected, but it was so slight that any extensive mixing with water from deeper regions was out of the question.

Once the coastal waters have cooled they freeze over easily, and ice will form at the next frost minimum if the air temperature

tapautua saman pakkaskauden lopulla. Tällöin edellytetään kuitenkin, että ilman lämpötila laskee alle määrätyn rajan (*Palosuo* 1956). Käytännöllisenä pakkasrajana voitaneen pitää tyynellä ilmalla  $-6^{\circ}\text{C}$ , tuulisella säällä tätäkin alhaisempaa arvoa.

Majakka-alus »Kemi» samoin kuin »Nahkiaisen» ympäristöissä näyttää jäähtyminen tapahtuvan verrattain tasaisesti manteleella mitatuista pakkasarvoista riippumatta. Yksityiset ankarat pakkaspäivät voivat luonnollisesti aiheuttaa tavallista nopeampaa lämmönluvutusta merestä, mutta pintakerrosten sekoittuminen syvempien vesikerrosten kanssa tasoittaa nopeasti lämpötilaerot. Sitäpaitsi saattaa merenpinnan yläpuolelle syntyä ohut kerros, joka hidastaa lämmön luovutusta.

Vaasan sisäsaaristossa ei lämpötilamittauksia ole suoritettu. Käytettävissä olevat Valsörarnan ja Norrskärin havaintoasemat sijaitsevat kumpikin ulkosaaristossa. Valsörarnan ympäristö on kuitenkin karikkoista ja mittaukset on suoritettu matalassa vedessä. Norrskär sensijaan sijaitsee syvän meren partaalla, joskin pintaveden mittaus on suoritettu venevalkamassa. Ulkomeriasemaksi otettiin majakka-alus »Storkallegrund», joka sijaitsee Selkämerellä verrattain kaukana rannikosta, joskin ranta sillä kohtaa viettää loivasti ulospäin.

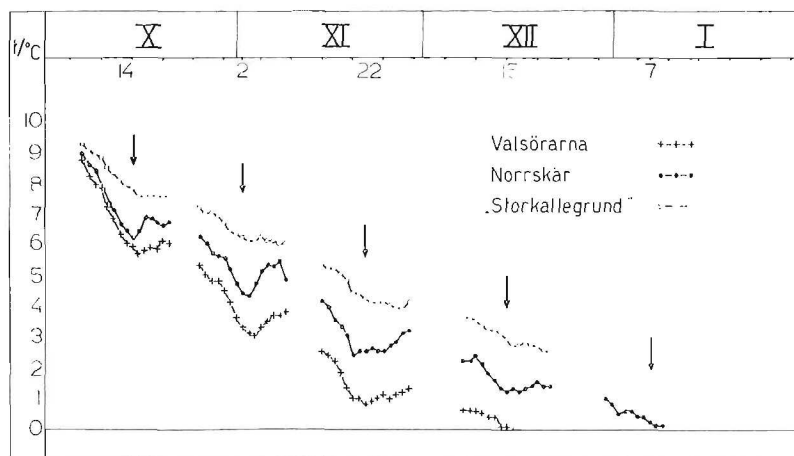
Veden jäähtyminen Valsörarnassa ja Norrskärissä alkaa lähes samoista lämpötila-arvoista (kuvio 5) ja jäähtyminen kummassakin tapauksessa näyttää tapahtuvan aluksi lähes samalla nopeudella. Mutta ensimmäisen pakkaskauden jälkeisinä päivinä Norrskärissä vesi lämpimää voimakkaammin kuin Valsörarnassa. Tämä ero Valsörarnan ja Norrskärin välillä tulee seuraavien pakkaskausien jälkeen vain suuremmaksi. Myös Norrskärin ja »Storkallegrundin» välinen ero pintaveden lämpötiloissa kasvaa ajan mittaan. Paitsi sitä, että »Storkallegrund» on ulkomerellä, on tässä huomioitava se, että pitkin Selkämeren Suomen puoleista rannikkoa virtaa jäähtynyt rantavettä Merenkurkun alueelle ja patoutuu tämän kapeikon eteläpuolelle, esiintyen sekä Norrskärin että Valsörarnan seuduilla.

drops below a certain reading. The critical temperature for this first ice seems to be  $-6^{\circ}\text{C}$  in calm weather (*Palosuo* 1956).

At the light ships »Kemi» and »Nahkiaisen» single cold days do influence the surface temperatures, i.e. the cooling, but mixing with lower water layers, with lateral transport, is sufficiently effective to make deviations small. Cooling on the open sea seems to proceed rather steadily.

No regular observations of water temperature were taken in the inner skerries of Vaasa: the observation stations Valsörarna and Norrskär are both situated in the outermost skerries. At Valsörarna the water is shallow, but Norrskär is close to the deep part of the Sea of Bothnia, and even if the temperatures were read in the little pilot harbour of Norrskär the observations would not hold for the shallow region. A little farther south, where the water gradually deepens, the lightship »Storkallegrund» was anchored far off the coast.

When cooling starts at Valsörarna and at Norrskär the temperatures do not differ greatly and at first the cooling proceeds at similar rates (Fig. 5). After the first frost minimum, however, the water at Norrskär warms up much more than it does at Valsörarna, and after the later frost minima this difference becomes more and more pronounced. The difference between surface temperatures at Norrskär and »Storkallegrund» also follows this pattern — a consequence, perhaps of the northward-setting current along the Finnish coast which transports ever-cooling water towards the Quark. This water tends to enter the skerries area around Norrskär.



Kuva 5. Pintaveden lämpötilan keskimääräinen kulku Merenkurkussa ja Selkämeren pohjoisosassa pakkaskausten aikana.

Fig. 5. The mean variation of surface water temperature in the Quark and on the northern part of the Sea of Bothnia during frost periods.

Valsörarnassa pintaveden lämpötila laskee jäätympisteeseen s.o. pintavesi on täysin jäähtynyt keskimäärin joulukuun puoliväliin mennessä 4:n pakkaskauden aikana. Norrskärissä tämä tilanne siirtyy seuraavaan pakkaskauteen eli tammi-kuun alkuun.

Turun sisäsaaristossa on suoritettu vain lyhyitä, muutamien vuosien kuluessa tehtyjä havaintoja pintaveden lämpötilasta. Sientähden tarkastelujen kohteiksi otettiin keskellä Kihtiä sijaitsevan Jungfruskärin havainnot. Ulkomeriasemiksi valittiin Märket Ahvenanmeren pohjoisosasta sekä majakka-alus »Finngrundet» Selkämeren eteläosasta.

Jungfruskärissä alkusyksyllä vedenlämpötila on huomattavan korkea (kuvio 6). Sama ilmiö on havaittu Turun sisäsaariston vesiin nähden niissä mittauksissa, jotka on suoritettu Ruotsalaisten luotsiasemalla sekä Tupavuoren öljysatamassa. Jäähtyminen Jungfruskärissä tapahtuu aluksi lähes samalla nopeudella kuin Märketissä ja »Finngrundetilla». Vasta kun pintaveden lämpötila on laskenut alle 7°C, alkaa Märketissä

At Valsörarna the water has cooled to freezing point, on an average, during the fourth frost period, i.e. in mid-December; at Norrskär this point is reached only during the fifth period, at the beginning of January.

For the inner Turku skerries only short series of water temperature observations exist. But we have the long-established archipelago station, Jungfruskär, on the Skift; open sea observations have been made at Märket, at the northern end of the Åland Sea, and from the Swedish lightship »Finngrundet», a little farther north, in the southern part of the Sea of Bothnia.

At Jungfruskär the water is rather warm in early autumn (Fig. 6), as it is also at Tupavuori oilharbour and at Ruotsalainen pilot station, where shorted observation series have been kept. At Jungfruskär the cooling first follows closely that at Märket and »Finngrundet». Only when the water temperature has dropped to 7°C does the cooling at the open sea stations slow down. It will be shown elsewhere that this slowing



ja »Finngrundetilla» hitaampi jäähtyminen kuin saaristossa. Toisaalla tullaan selostamaan, että tällöin Ahvenanmerellä ja Selkämerellä kesällinen harppauskerros häviää ja pintaveden sekoittuminen syvempien vesikerrosten kanssa pääsee voimakkaasti tapahtumaan. Jäähtymisen hitaus ulkomerellä on täten selitettävissä.

Jungfruskärissä veden jäähtyminen 0-asteiseksi kestää keskimäärin 5:nteen pakkasjaksoon eli tammikuun puoliväliin. Märketissä ja »Finngrundetilla» jäähtyminen siirtyy myöhäisemmäksi. Jos keskitalven pakkaset eivät ole ankaria, ei Ahvenanmeri eikä Selkämeri jäädy lainkaan. Tällöin ei ole otettu huomioon sitä mahdollisuutta, että suhteellisen matalasta ja helposti jäätyvästä Gävlen lahdesta ajautuisi jäälauttoja sopivilla tuulilla sekä »Finngrundetin» että Märketin alueelle.

down is a consequence of the disappearance of the summer thermocline and the consequently enhanced vertical mixing.

The cooling at Jungfruskär continues and the freezing point is reached after the fifth frost minimum in the middle of January. At Märket and »Finngrundet» no freezing occurs at this time, and during winters that are not too severe there will in fact be no freezing at all on the Åland Sea or on the southern part of the Sea of Bothnia. No attention has been paid to these possibility that ice floes could drift from the fairly shallow and easily frozen Gävle-bay to the areas of »Finngrundet» as well as to Märket.

## 2. Jäänmuodostusta edeltävät pakkaspäivät ja »pakkassummat».

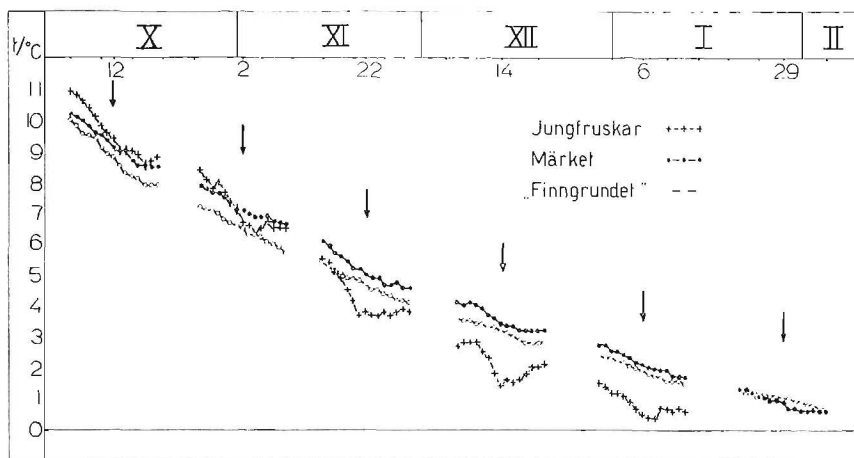
Vedestä ilmaan tapahtuva lämmön luovutus ja yleensäkin meren jäähtyminen on varsin monimutkainen tapahtuma, jota emme tässä osassa käy yksityiskohtaisesti selvittämään. Tyydyimme esittämään muutamia yksinkertaisia tekijöitä (taulukko 1), joiden avulla nopeasti ja lähinnä käytännöllisen elämän tarpeita silmällä pitäen voidaan alkutalven tilanteissa arvioida kehityksen kulku.

Taulukossa 1 on ensiksikin esitetty ensijäätymiseen kuluneiden pakkaspäivien keskimääräinen luku ja mainittujen päivien päiväkeskilämpötilojen summa eli lyhyesti »pakkassumma». Pakkaspäivien luku on aloitettu laskea 0°-isotermin ajankohdasta, joka määritettiin pentadikäyrästä (Palosuo 1951). 0°-isotermin keskimääräiset ajankohdat havaintoaseman osalta on ilmoitettu taulukossa.

## 2. The frost days and »frost sums» preceding the formation of ice.

The transfer of heat from the water to the air and the cooling of the sea are processes of a very complicated nature which will not be analysed here. To follow the development of the early winter in its practical consequences it is sufficient to study some factors of primary importance in the cooling process. These are given in Table 1.

In this table the mean number of frost days which elapse before the first freezing is given in the fourth column. The sum of the temperatures of these days, in short the »frost sum», is to be found in the fifth column. The counting of the frost days begins from the time the zero isotherm passes the station in question, when the pentade values of air temperature are used for isotherm determination (Palosuo 1951).

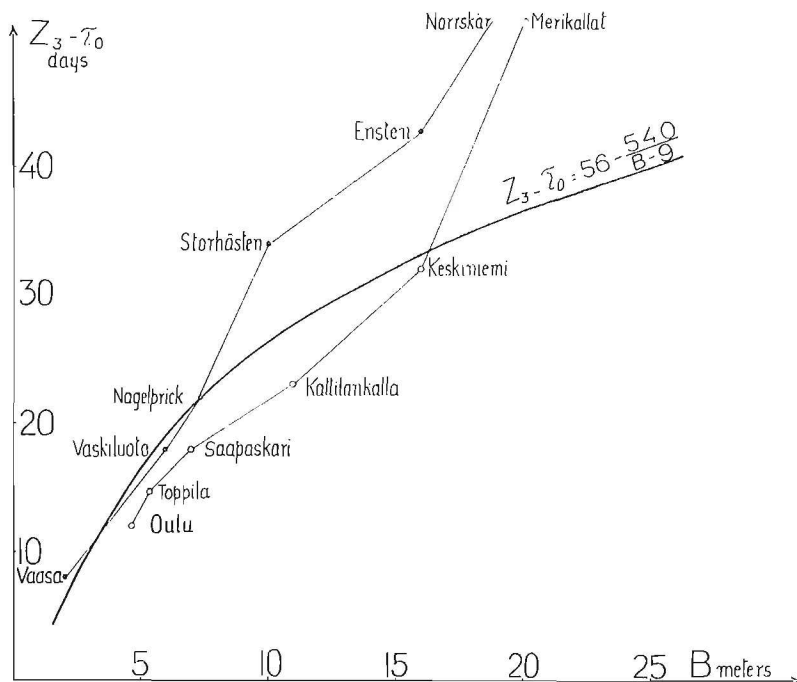


Kuva 6. Pintaveden lämpötilan kulku Turun saaristossa, Ahvenanmerellä ja Selkämeren eteläosassa pakkauskautien aikana.

Fig. 6. The mean variation of surface temperature in the Archipelago Sea, at Åland Sea and on the southern part of the Sea of Bothnia during frost periods.

Taulukossa esitetyt ilman lämpötilaa koskevat arvot on laskettu ajanjaksolta 1934—53 eli samoilta 20 talvelta kuin jäätymisen ajankohdat on määrätty eräissä aikaisemmissa tutkimuksissa (Simojoki 1953). Päivien keskilämpötilat on otettu sellaisina kuin Ilmatieteellinen Keskuslaitos on ne kuukausikatsauksissaan antanut. Minkäänlaista korjausta sen johdosta, että havaintopaikka on saattanut vähän muuttua tai että havainnointeissa on ollut erilaisuutta, ei ole tehty. Kun muutamilla paikoilla kuten Kemissä ja Porissa ei ole olemassa havaintoja näin pitkältä ajanjaksolta, on tyydytty lyhyempään, tavallisesti 10 vuoden sarjaan ja saatua tulosta on korjattu vertaamalla tuloksia vastaavien lähiesemien sarjoista laskettuihin tuloksiin. Eräiden satamien lähistöltä ei ole ollut saatavissa kuin korkeintaan aivan lyhyitä havaintosarjoja. Siten esim. Raahan kohdalla on jouduttu käyttämään Oulun säähavaintoja, Kokkolan ja Pietarsaaren kohdalla Vaasan säähavaintoja. Käytetyt havaintosarjat ja niiden pituudet on ilmoitettu taulukossa.

The air temperatures are those of the years 1934—1953 used in previous studies (Simojoki 1953). The daily temperatures are the daily means published by the Central Institute of Meteorology in their monthly reports. These temperatures do not consist of homogenous data or unbroken series, since some stations have been moved and there have been other interruptions. For Kemi and Pori, for example, the observations cover fewer than twenty winters. For such stations shorter periods have been taken, usually ten winters, and corrections for the difference in time span made by comparisons with the complete series. Some harbours are situated in regions where meteorological observations have been kept for only a short time. This has necessitated the use of Oulu temperatures for the area of Raahе and those of Vaasa for the area of Kokkola and Pietarsaari. The number of years for which meteorological values have been available is given in the table in each instance.



Kuva 7. Jäätymisen ja pohjasyvyyden riippuvuus meren rannikolla (Oulun ja Vaasan välillä) sekä järvissä (Simojoen mukaan). Aika päivissä on laskettu 0-isotermin ajankohdasta.

Fig. 7. The interdependence of freezing and water depth at the sea coast (on the Oulu and Vaasa fairways) and in lakes (according Simojoki). The number of days has been counted from the passage of the zero isotherm.

Tuloksista ilmenee, että matalat ranta-  
lahdet jäätyvät herkästi ja että mitä  
ulommaksi rannikolta tullaan, sen useampi  
pakkaspäivä tai sitä suurempi pakkasum-  
ma edeltää jäätymistä. Ulan jäätymisen  
Perämeren piirissä näyttää tapahtuvan  
45—50 pakkaspäivän jälkeen. Suunnilleen  
samaan arvoon tullaan myös Selkämeren  
ulan jäätymisellä. Alueen syvyydellä  
on tässä ilmeinen vaikutuksensa.

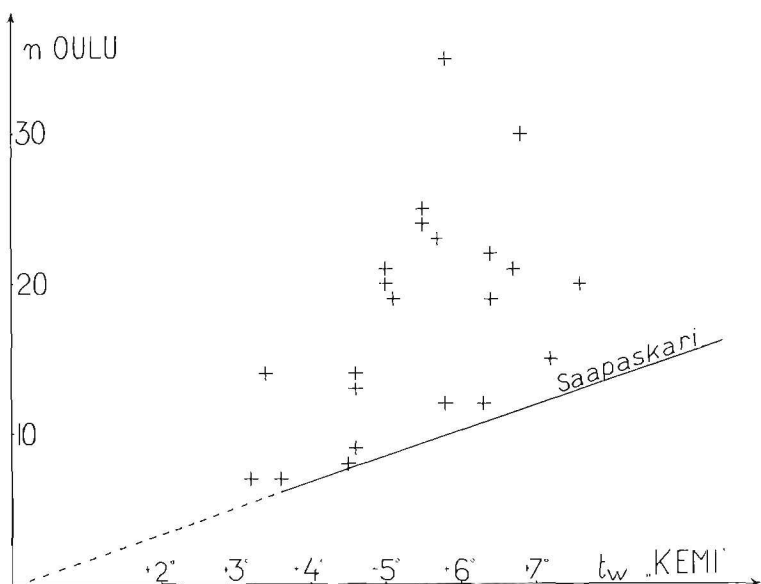
Simojoki (1940) on tutkiessaan järvien  
jäätymisen riippuvuutta sen syvyydestä  
johtunut yhtälöön:

$$Z_3 - \tau_0 = 56 - \frac{540}{B+9}$$

It is found that the deeper the water at  
the location in question, the later will  
freezing occur. Beyond the outer skerries  
some 45 to 50 frost days seem to be re-  
quired, at least in the Bay of Bothnia, and  
roughly the same number of frost days is  
required for freezing on the Sea of Bothnia.

Simojoki (1940), for the freezing of lakes,  
created the equation:

$$Z_3 - \tau_0 = 56 - \frac{540}{B+9}$$

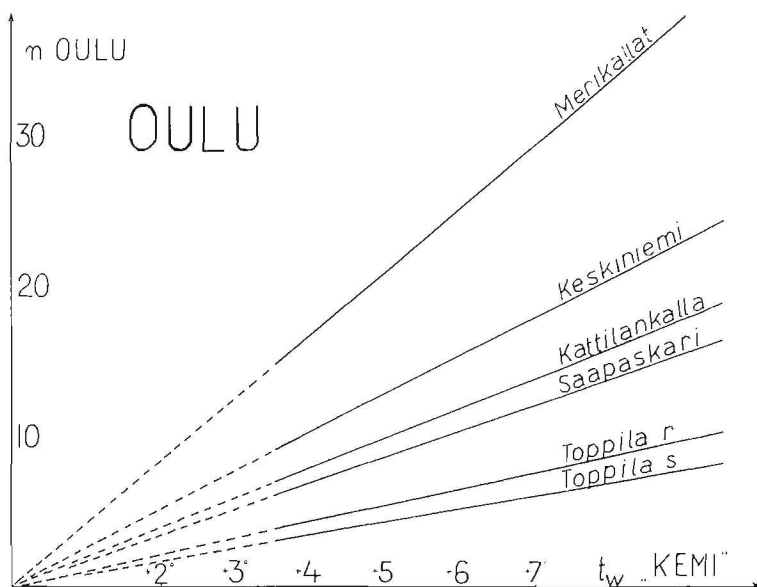


Kuva 8. Reittisuuden Toppila—Saapaskari jäätymistä edeltävien pakkaspäivien luvun  $n$  riippuvuus merellä 0°-isotermin ajankohtana vallitsevasta pintaveden lämpötilasta  $t_w$ .

Fig. 8. The interdependence of the number of frost days before freezing and the surface water temperature at the passage of the zero isotherm, computed for the section Toppila—Saapaskari of the Oulu fairway.

jossa  $Z_3$  on pysyvän jääpeitteen muodostumispäivä,  $\tau_0$  0°-isotermin alkamispäivä ja  $B$  on järven syvyys metreissä. Tällöin hän on huomionnut kaikki päivät 0°-isotermin ajankohdasta lukien. Vertailuja varten on vastaavat päivämäärät laskettu eräiden Pohjanlahden satamiin johtavien väylien osilta (kuvio 7). Tulokset osoittavat, että syvyyden ollessa pieni, alle 15 metriä, ei sanottavia eroja järven tai meren jäätymisen välillä esiinny. Mahdolliset poikkeukset johtunevat lähinnä k.o. merialueen keski-syvyyden määrittämistä vaikeudesta. Laivaväylän kohdalla on useimmiten syvä uoma, mutta sen kummallakin puolella saattaa olla matalikoita tai kareja. Saatu tulos sisäsaariston jäätymisestä verrattuna järven jäätymiseen tukee sitä edellä esitettyä olettamusta, että veden vaihdolla rantavesien ja ulapan välillä on suhteellisen vähäinen merkitys. Sensijaan kun verrataan

where  $Z_3$  is the date at which the permanent ice cover develops,  $\tau_0$  the date of the passage of the zero isotherm and  $B$  the depth in meters. In this expression all days are counted, irrespective of temperature. Computations according to this equation were made for some harbours on the Bay of Bothnia (Fig. 7), and it was found that differences between the freezing of lakes and of the sea seem to be small where the water is very shallow (less than 15 meters). Most deviations appear to stem from the difficulty in obtaining a suitable mean depth, since fairways to the harbours are deeper channels through otherwise irregular shallow areas. This only shows that the exchange of water in these areas is restricted, a fact already established by other means. Where the exchange of water occurs more easily, ice formation is «late» as computed according



Kuva 9. Oulun reittiosuuksien jäätymistä edeltävien pakkaspäivien vähimmäisluvun  $n$  riippuvuus majakka-alus »Kemillä» 0-isotermin ajankohtana vallinneesta pintaveden lämpötilasta.

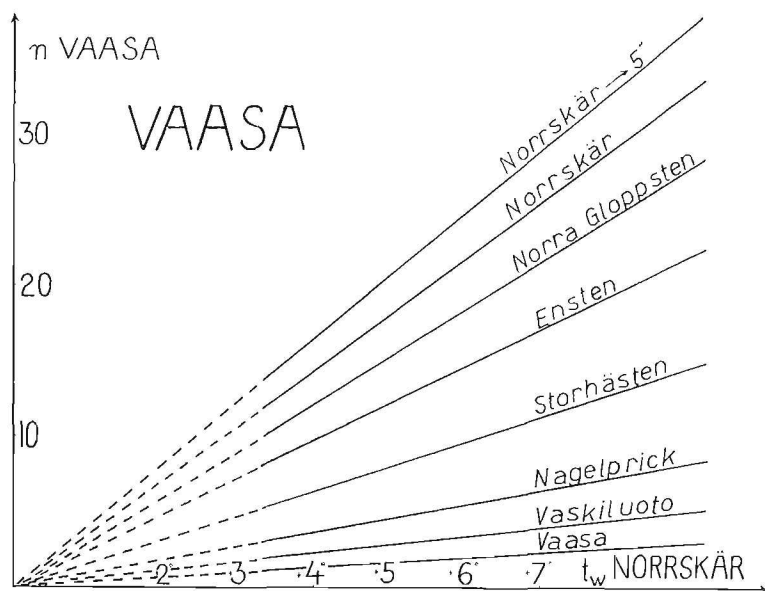
Fig. 9. The interdependence of the minimum number of frost days before freezing and the surface water temperature at the passage of the zero isotherm for the different sections on the Oulu fairway.

ulkosaariston jäätymistä vastaavan syvyyden järven jäätymiseen, esiintyy merialueilla huomattavaa hidastumista. Tämä on luonnollinen seuraus veden vaihdosta ulapen kanssa. Merialueen ja samansyvyisen järven jäätymisajankohtien välistä eroa voitaneen pitää veden vaihtumisen voimakkuuden ilmaisijana.

Paitsi merialueen syvyydestä riippuu jäätymiseen tarvittavien pakkaspäivien ja -summien määrä myös siitä veden alkulämpötilasta, joka sillä on 0°-isotermin sattuessa (Palosuo 1951). Rodhe (1952) on osoittanut, että on olemassa alaraja jäätymiseen tarvittavien pakkaspäivien lukumäärälle ja että tämä riippuu veden alkulämpötilasta. Käyttämällä Rodhen esittämää ryhmitystä on Oulun välillä matkaisuudella Toppila—Saapaskari tämä lineaariseksi oletettu riippuvuus saatu esille (kuvio 8). Yhtenäisen kuvan saamiseksi on

to the freezing of lakes of the same depth, which of course is only to be expected. The difference in freezing time might conceivably be regarded as a measure of the intensity of exchange of water in the deeper sea.

The temperature of the water at the date from which the counting of the frost days starts is, of course, not without significance (Palosuo 1951). As shown by Rodhe (1952), a lower limit to the number of frost days required for freezing is imposed by the water temperature. This may be seen Fig. 8, which has been compiled for Saapaskari on the Oulu fairway, using the same grouping as that used by Rodhe in his work. Extending these computations for other parts of the Oulu fairway one can produce an illustrative figure for the



Kuva 10. Vaasan reittiosuuksien jäätymistä edeltävien pakkaspäivien vähimmäisluvun  $n$  riippuvuus Norrskärissä 0-isotermin ajankohtana vallinneesta pintaveden lämpötilasta.

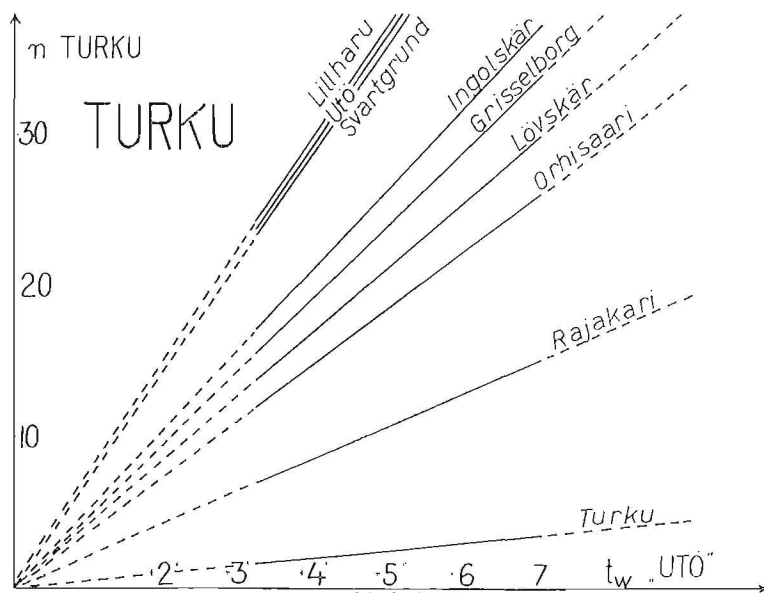
Fig. 10. The interdependence of the minimum number of frost days before freezing and the surface water temperature at the passage of the zero isotherm for the different sections of the Vaasa fairway.

samanlaiset kuvaajat piirretty kaikille Oulusta merelle johtaville väyläosuuksille (kuvio 9). Vertauksen vuoksi esitettäköön tässä vastaavat kuvaajat myös Vaasasta Norrskärin kautta (kuvio 10) ja Turusta Utön kautta merelle johtavista väylistä (kuvio 11). Huomiota herättää Turun väylän hidas jäätyminen Rajakarista ulospäin, mihin vaikuttanee edellä mainittu korkea veden lämpötila syksyllä Turun saaristossa.

Käytännöllisessä elämässä on jäätyksen ajankohdan arvioiminen usein toistuva tehtävä. Sentähden ne esitystavat, jotka tällä hetkellä ovat olemassa (Simojoki 1950, Rodhe 1952), tähtäävät juuri menetelmän yksinkertaisuuteen ja nopeaan käyttöön.

whole channel from Oulu to the sea (Fig. 9). This may be compared with figures 10 and 11, which depict the same curves for the fairways from Vaasa to Norrskär and from Turku to Utö. Note the considerable delay in freezing as one approaches the Airisto at Rajakari and of the more distant part of the fairway from Turku.

The practical estimation of the number of days of open water left is an ever-recurring task, and because of this the rapid and simple methods designed by Simojoki (1950) and Rodhe (1952) are invaluable.



Kuva 11. Turun reittiosuksien jäätymistä edeltävien pakkaspäivien vähimmäisluvun  $n$  riippuvuus Utössä 0-isotermin ajankohtana vallinneesta pintalämpöveden tilasta.

*Fig. 11. The interdependence of the minimum number of frost days before freezing and the surface water temperature at the passage of the zero isotherm for the different sections of the Turku fairway.*

Taulukko 1. Pakkaspäivien ja pakkassummien määrät laskettuna 0-isotermin ajankohdasta ensijään muodostumiseen sekä alueen jäätymishetkellä merellä vallinnut pintaveden lämpötila.

Table 1. The numbers of frost days and the »frost sums» counted from the date of the 0-isotherm to first freezing, together with the surface temperature at sea at the time of freezing.

N:o	Paikka Place	Pakkaskauden alku eri havaintoasemilla 0-isotherm date	Pakkas- päivät ja keski- poikkeus Number of frost days and the mean deviation	Pakkas- summa Frost sum	Veden lämpö merellä Surface water temperature at sea
6	KEMI Sisäsatama inner harbour	Kemin lentokenttä Airport of Kemi 1946—56	25.X — 9	— — 35	L/S »Kemi» +6.5 +4.6
7	Keskireitti central roadstead		11	— 48	+4.0
8	Ajos		15	— 70	+3.3
9	Inakari		18	— 89	+2.7
10	Keminkraaseli		23	—111	+2.3
11	Mutkanmatala		28	—134	+1.7
12	Kemin matalat		40	—223	+0.9
13	Kemin matalat, ulkop. outside		43	—254	0.0
17	OULU/ULEÄBORG Toppila, salmi sound	Oulu 1934—53	3.XI — 10 ± 4	— — 35	L/S »Kemi» +5.4 +3.5
18	Toppila, reitti roadstead		12 ± 5	— 44	+3.1
19	Saapaskari		14 ± 5	— 60	+2.5
20	Kattilankalla		18 ± 6	— 77	+2.2
21	Keskinieni		24 ± 7	—106	+1.7
22	Merikallat		40 ± 10	—215	0.0
23	Merikallat, ulkopuoli outside		48 ± 9	—285	0.0
24	RAAHE/BRAHESTAD Sisäsatama inner harbour	Oulu 1934—53	3.XI — 9 ± 7	— — 30	L/S »Nahkiainen» +6.1 +4.5
25	Lapaluoto		14 ± 6	— 56	+4.0
27	Jyry		23 ± 9	—100	+2.8
28	Maanahkiainen		32 ± 10	—153	+2.1
29	Ulkonahkiainen		44 ± 10	—261	—
40	KOKKOLA GÄMLAKARLEBY Ykspihlaja/Yxpila	Vaasa 1934—53	9.XI — 9 ± 4	— — 27	Tankar +3.7 +1.2
41	Hungerberg		16 ± 6	— 52	+0.5
42	Repskär		22 ± 5	— 78	0.0
43	Tankar		30 ± 6	—125	0.0
45	Tankar, ulkopuoli outside		48 ± 16	—245	0.0
47	PIETARSAARI JAKOBSTAD Leppähuoto/Alholmen	Vaasa 1934—53	9.XI — 9 ± 4	— — 27	Tankar +3.7 +1.2
48	Ädöskatan		17 ± 8	— 55	+0.5
49	Mäskär		25 ± 9	— 91	0.0
50	Nygrund		37 ± 10	—177	0.0
52	Nygrund, ulkopuoli outside		50 ± 16	—266	0.0



N:o	Paikka Place	Pakkaskauden alku eri jäähavaintoasemilla 0-isotherm date	Pakkas- päivät ja keski- poikkeus Number of frost days and the mean deviation	Pakkas- summa Frost sum	Veden lämpö merellä Surface water temperature at sea
57	VAASA/VASA Sisäsatama <i>inner harbour</i>	Vaasa 1934—53 9.XI	—	—	Norrskär +4.0
58	Vaskiluoto/Vasklot		6 ± 3	— 15	+2.5
59	Nagelprick		12 ± 4	— 34	+1.9
60	Storhåsten		14 ± 5	— 43	+1.5
—	Nygrund		18 ± 5	— 60	+1.2
61	Ensten		20 ± 6	— 70	+1.1
62	Norra Gloppsten		24 ± 5	— 83	+1.0
63	Norrskär		28 ± 6	—110	+0.6
64	Norrskär, ulkopuoli <i>outside</i>		39 ± 8	—179	0.0
			46 ± 10	—239	0.0
71	KASKINEN/KASKÖ Satama — <i>harbour</i>	Vaasa 1934—53 9.XI	15 ± 6	— 46	L/S «Storkallegrund» +6.2
72	Sälgrund		27 ± 6	—109	+3.6
73	Orion matala		32 ± 9	—142	+2.2
					+1.2
76	PORI/BJÖRNEBORG Mäntyluoto	Porin lentokenttä 22.XI <i>Airport of Pori</i>	—	—	L/S »Rauma» +5.3
77	Kolmikulma/Trekant	1946—56	21 ± 6	—100	+2.3
78	Kaijakari		28 ± 8	—150	+1.5
80	Kaijakari, ulkopuoli <i>outside</i>		35 ± 12	—205	+0.7
			41 ± 12	—259	+0.1
87	RAUMA/RAUMO Satama — <i>harbour</i>	Porin lentokenttä 22. XI <i>Airport of Pori</i>	—	—	L/S »Rauma» +5.3
88	Valkeakari	1946—56	19 ± 7	— 77	+2.9
89	Pihlus		25 ± 9	—116	+2.1
90	Laihonen		31 ± 10	—166	+1.4
91	Rauman matala		37 ± 12	—216	+0.4
			43 ± 13	—265	0.0
94	UUSIKAUPUNKI NYSTAD Satama — <i>harbour</i>	Turku 1934—53 2.XII	—	—	Isokari +3.5
95	Kirsta		9 ± 5	— 32	+1.3
96	Isokari/Enskär		16 ± 5	— 81	+0.4
97	Ahlstedtin matala		30 ± 6	—164	0.0
98	Ahlstedtin matala, ulkop. <i>outside</i>		35 ± 8	—207	0.0
			42 ± 11	—255	0.0
105	MAARIHAMINA MARIEHAMN Länsisatama — <i>harbour</i>	Mariehamn 1934—53 23.I	—	—	Lägsjär +3.6
106	Korsö		27 ± 19	—118	+0.4
107	Kobbaklintar		36 ± 7	—169	0.0
109	Kobbaklintar, ulkopuoli <i>outside</i>		42 ± 8	—266	0.0
			50 ± 7	—287	0.0
111	DEGERBY Flisöberg	Mariehamn 1934—53 23.I	—	—	Lägsjär +3.6
112	Ledsund		19 ± 6	— 71	+1.0
114	Nyhamn		30 ± 9	— 98	+0.6
			48 ± 9	—249	0.0

N:o	Paikka <i>Place</i>	Pakkaskauden alku eri jäähavaintoasemilla <i>o-isotherm date</i>	Pakkas- päivät ja keski- poikkeus <i>Number of frost days and the mean deviation</i>	Pakkas- summa <i>Frost sum</i>	Veden lämpö merellä <i>Surface water temperature at sea</i>
118	TURKU/ÅBO	Turku	—	—	Utö +5.1
119	Satama — <i>harbour</i>	1934—53 2.XII	11 ± 5	— 49	+3.1
120	Rajakari/Notgrund		25 ± 7	—134	+1.1
121	Orhisaari		30 ± 7	—172	+0.6
122	Löyskär		32 ± 6	—196	+0.5
123	Grisselborg		38 ± 8	—231	+0.2
124	Ingölskär		48 ± 11	—294	0.0
125	Vidskär		54 ± 15	—360	0.0
125	Utö		56 ± 10	—371	
137	HANKO/HANGÖ	Russarö	—	—	Bengtskär +3.9
138	Gustafsvärn	1934—53 22.XII	22 ± 5	—118	+0.6
139	Tistron		24 ± 6	—133	+0.4
140	Russarö		27 ± 8	—144	+0.1
141	Lilla Tärnskär		29 ± 7	—159	0.0
141	Lilla Tärnskär,ulkopuoli <i>outside</i>		34 ± 9	—184	0.0
145	Hangon Länsiselkä Westfjärd		19 ± 5	— 93	+1.1
153	HELSINKI HELSINGFORS	Helsinki	—	—	L/S »Helsinki» +4.9
154	Suomenlinna/Sveabor sisäpuoli — <i>inside</i>	1934—53 11.XII	14 ± 6	— 67	+2.6
155	Suomenlinna/Sveaborg edusta — <i>outside</i>		23 ± 7	—118	+1.7
156	Harmaja/Gråhara		26 ± 7	—137	+1.2
157	— Svartbådan		30 ± 9	—150	+1.0
158	Gråskärsbådan		33 ± 8	—193	+0.2
159	Helsingin majakka		38 ± 9	—224	0.0
160	Porkkalan majakka		42 ± 10	—255	0.0
160	LOVISA/LOVISA	Kotka	—	—	Söderskär +4.8
162	Valko/Valkom	1934—53 30.XI	14 ± 5	— 53	+2.4
163	Täktaren		23 ± 9	—177	+1.2
164	Skarven		29 ± 14	—140	+0.7
164	Hamnskär		34 ± 9	—192	+0.1
165	KOTKA	Kotka	—	—	Haapasaari +4.2
166	Satamat — <i>harbours</i>	1934—53 30.XI	11 ± 5	— 38	+2.0
167	Viikari		24 ± 8	—117	+0.2
168	Kaunissaari		29 ± 10	—156	0.0
169	Orrongrund		31 ± 19	—164	0.0
170	Tiiskeri/Digskär		38 ± 11	—221	0.0
173	HAMINA FREDRIKSHAMN	Kotka	—	—	Tammio +2.7
174	Sisäsatama <i>inner harbour</i>	1934—53 30.XI	6 ± 4	— 21	+1.9
175	Billo		12 ± 5	— 46	+0.6
176	Suur Musta		22 ± 8	—104	0.0
177	— Merikari		27 ± 9	—141	0.0
178	Haapasaari/Aspö		32 ± 13	—176	0.0
179	Haapasaari, ulkopuoli <i>outside</i>		38 ± 9	—229	0.0

## B. Erilaisten jäälaatuojen esiintymisestä

### 1. Saariston jääpeitteestä.

Jään peruslaatuina voitaneen pitää tasaista jääpeitettä, jollainen syntyy tyynenä pakasyönä. Jos tällainen ohut jää saa rauhassa vahvistua, se saariston alueella saa vankan tuen saarista ja kareista pysyen rikkoutumatta. Tällaista jäätä kutsutaan kiintojääksi. Tyvenellä syntynyt ulapankin jää voi olla tasaista. Mutta veden pinnalle syntyneet yksityiset jääkiteet eivät usein, tuulen tai merenkäynnin takia, pääse samalla tavalla liittymään toisiinsa kuin tyvenellä. Silloin syntyy sohjoa tai lautasjäättä. Edelleen jo syntynyt ohut tasainen jää ulapalla tuulen voimistuessa rikkoutuu lautoiksi tai alkaa liukua päällekin. Limmittäisten jäälevyjen alue luetaan jo ensimmäisen asteen ahtoutumiin kuuluvaksi (Palosuo 1952). Varsinainen ahtojäää käsittää paksuja valjeja.

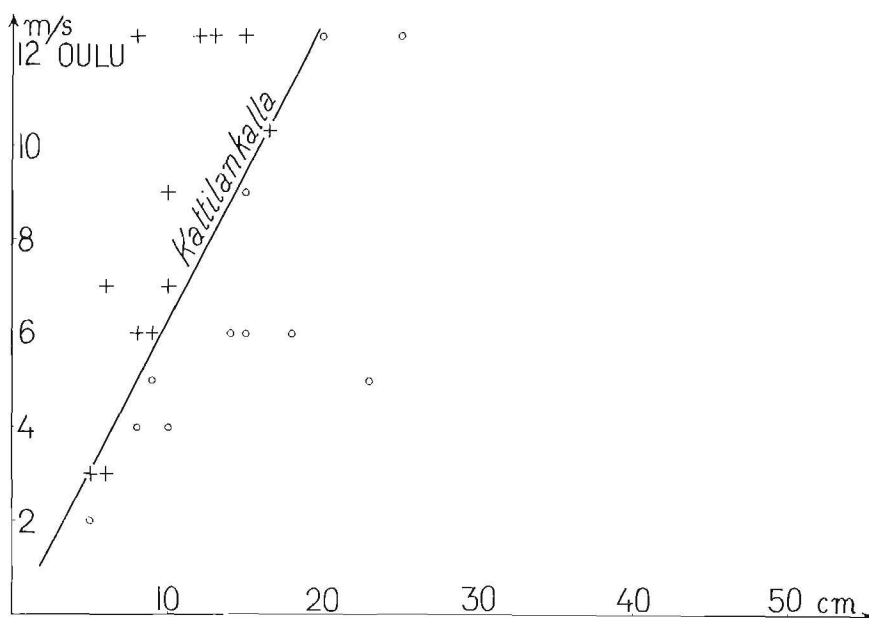
Yhtenäisen jääpeitteen kestävyys ja rikkoutumisen riippuvuutta lähinnä tuulen nopeudesta tarkastettiin eri tiheissä saaristokohdissa pitkin Suomen rannikkoa aikana 1947—56 eli kymmenenä talvena. Kuviossa 12 esitetään tulokset Oulun väylältä Saapaskarin ja Kattilankallan väliseltä alueelta, jossa vielä on kohtalaisen runsaasti saaria. Jään paksuusarvot saatiin joko Virpiniemen havaintoasemalla noin kerran viikossa tehdyistä jään paksuusmittauksista tai jäänmurtajien ilmoittamista arvoista. Tuulen nopeudeksi otettiin taas Oulun sääasemalla mitattu vuorokauden kaskiarvo. Todellisuudessa alueella hetkellisesti on saattanut puhalttaa huomattavasti voimakkaampi tuuli.

## B. Different forms of ice cover.

### 1. Fast-ice in the skerries.

We may regard as the basic ice form the level ice sheet which forms during a calm cold night. When this ice thickens undisturbed, as it may in the skerries, it will anchor itself to islands, to the mainland and to shoals and form a level cover. This is fast-ice. Level ice may also form on the open sea, but more often wind and waves prevent the newly-formed floating ice-crystals from cohering into a level sheet, and the result is ice-sludge or pancake-ice. If level ice has formed on the sea during calm weather the wind will break it into floes. These floes will raft, and compressed ice of the first degree — rafted ice — is formed (Palosuo 1952). Rafted ice is in genesis, if not in appearance, related to hummocked ice and pressure ridges.

The mechanical strength of level ice (in the sense of the wind force necessary to break up the ice cover) has been studied in areas of different island density over a period of ten years from 1947 to 1956. Fig. 12 presents the results for the area between Saapaskari and Kattilankalla on the Oulu fairway, an area with moderate island shelter. The thickness of the ice was measured at Virpiniemi about once a week and was also often reported on from the icebreaker on duty in the area. The wind values used are the daily means from the meteorological station Oulu. Of course, the critical factor is the maximum local wind velocity, but this evades direct measurement when there is no large organisation available.



Kuva 12. Jään kestävyys ja rikkoutumisen riippuvuus jään paksuudesta ja tuulen päivittäisestä keskinopeudesta Oulun reitillä Saapaskari—Kattilankalla välillä. Ympyröillä merkityissä tapauksissa jää pysyi ehjänä, ristillä merkityissä tapauksissa jää meni rikki

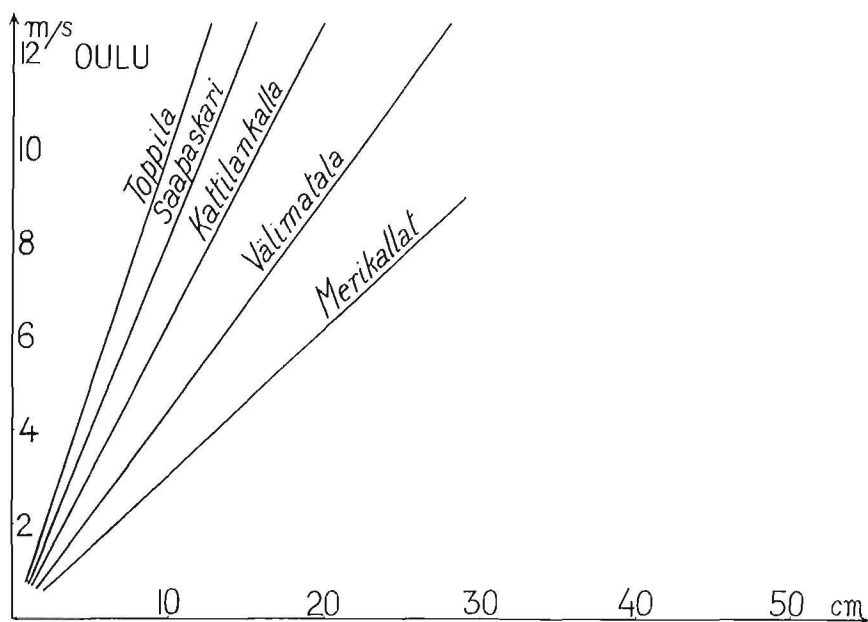
Fig. 12. The interdependence of the thickness of the ice cover and the one-day-mean wind velocity at the break-up of the ice on the Saapaskari—Kattilankalla section of the Oulu fairway. The circles indicate that the ice did not break; the crosses, when it broke up.

Jäällepeitteen kestävydessä näyttää jään paksuuden ja tuulen voimakkuuden välillä vallitsevan lähes lineaarinen riippuvuus. Edellytyksenä kuitenkin on ollut, että jää on kovaa. Oheiseen tarkasteluun ei ole otettu mukaan sellaisia tapauksia, jolloin leudon sään sattuessa jää on pehmennyt ja hauraana rikkoutunut. Myös mereltä tulevan mainingin tai suurten vedenkorkeuden vaihteluiden aikaansaamat rikkoutumiset lähes tyynellä säällä on jätetty huomioonottamatta. Sensijaan jääkentän mahdollisen epätasaisuuden vaikutusta ei ole erikseen tutkittu, vaikka ilmeisesti epätasainen kenttä onkin alttiimpi rikkoutumiselle kuin tasainen.

Samanlaisia tarkasteluja kuin väyläosuudella Saapaskari—Kattilankalla suo-

The wind velocity needed for the breaking up of the ice cover shows an almost linear relationship with the thickness of the ice. This holds good when the ice is hard; all cases concerned with ice which had become rotten because of warm weather have been discarded, as have those when extreme changes of water level or a swell coming from storms in other areas had broken the ice during days of virtual calm. On the other hand, cases involving ice which was not of the proper level kind have been retained, although this ice is more apt to break up than a level ice cover.

Similar comparisons of wind velocity and thickness of the ice have been performed



Kuva 13. Jään kestävyys riippuvuus jään paksuudesta ja tuulen päivittäisestä keskinopeudesta Oulun reitin eri osissa Toppilasta Merikalloihin.

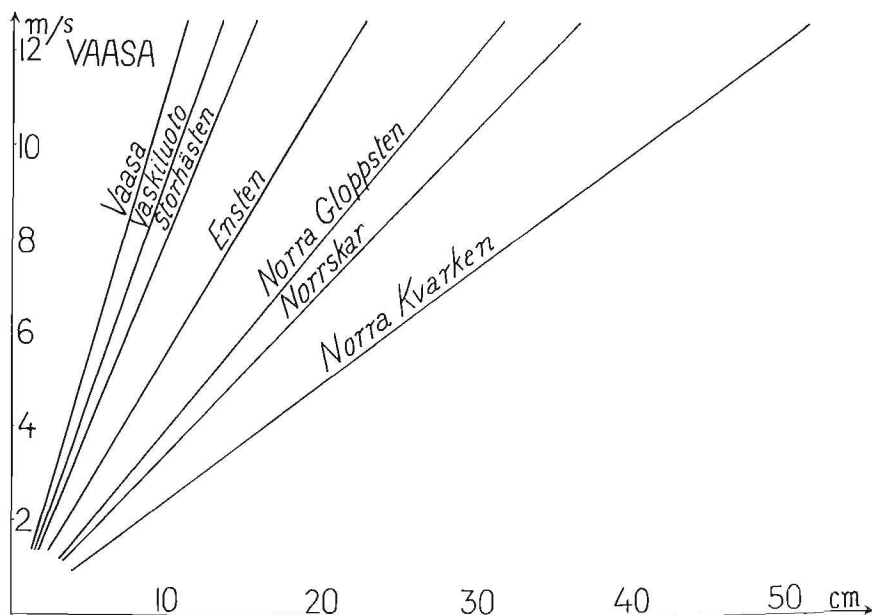
Fig. 13. The interdependence of the thickness of the ice cover and the mean wind velocity at break-up on the different sections of the Oulu fairway.

ritettiin muillakin alueilla. Oheisena esitetäkään Oulun ja Vaasan ulosmenoväyliltä saadut tulokset (kuviot 13—14). Lisäksi esitetäkään Turun saaristossa ja Ahvenanmerellä muutamien meren kapeikkojen yli muodostuneiden »kiintojääsiltöjen» (Palosuo 1956) kestävyyttä koskevia tuloksia (kuvio 15).

Kaikki tarkastelut rajoittuvat lähinnä ajanjaksoon 1947—56 eli kymmeneen talveen lukuunottamatta »kiintojääsiltöja», joitten tarkastelu ulotettiin 1920-luvulle saakka tarpeellisen aineiston saamiseksi. Oulun väylällä jään paksuuden mittauksia on suoritettu säännöllisesti noin kerran kerran viikossa Toppilassa, Virpiniemessä sekä Marjaniemen majakan edustalla. Vaa-

for localities other than the Saapaskari — Kattilankalla area. Figs. 13 and 14 show the results for the two fairways to Oulu and Vaasa. The strength of the »fast-ice bridges» sometimes formed at narrows (Palosuo 1956) will be treated below (Fig. 15). It may be mentioned here, however, that material since 1920 had to be used for the observations since such bridges form only rarely. With this exception all values pertain to the ten years 1947 to 1956 as started above.

The ice observation stations on the Oulu fairway are situated at Toppila, Virpiniemi and close to Marjaniemi light-house. On the Vaasa fairway the observation stations are in the inner harbour of Vaasa, at Vaskiluoto, in Korsö bay on the south coast of Vallgrund, in the Rönnskär skerries and at Norrskär. At all stations the thickness of ice was measured regularly



Kuva 14. Jään kestävyys riippuu jään paksuudesta ja tuulen päivittäisestä keskinopeudesta Vaasan reitin eri kohdissa Vaasan sisäsatamasta Norrskäriin asti sekä Merenkurkun kapeikoissa.

Fig. 14. The interdependence of the thickness of the ice cover and the mean wind velocity at break-up on the different sections of the Vaasa fairway and in the Quark.

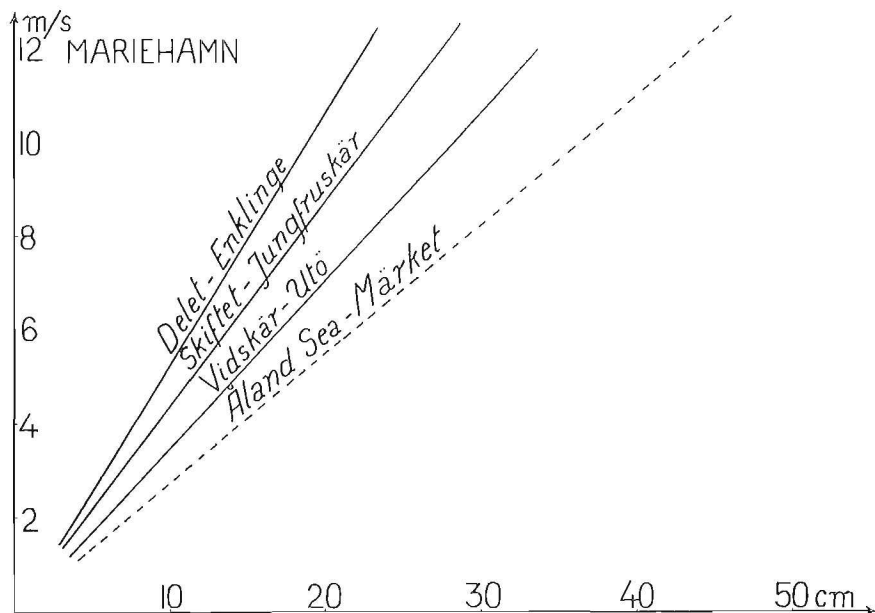
san väylän varrella on taas mittauspaikkoja ollut Vaasan sisäsatamassa, Vaskiluodossa, Vallgrundin etelärannalla Korsön lahdessa, Rönnskärin saaristossa sekä Norrskärissä. Kun nämä mittaukset kuitenkin on suoritettu lähellä rantaa, ei niitä voitu useinkaan käyttää ulompana sijaitsevien saaristojen jäätien ominaisuuksien selvittelyyn. Näiden osalta turvauduttiin jäänmurtajien ilmoituksiin tai hylkeenpyytäjien ym. jäillä liikkuneiden mainintoihin. Säähavainnot otettiin Oulun, Vaasan ja Maarianhaminan säähavainnoista päiväkeskiarvoina sellaisina kuin Ilmatieteellinen Keskuslaitos ne kuukausikatsauksissaan on esittänyt.

Kaikilla alueilla oletettiin jään kestävyys riippuvan lineaarisesti jään paksuudesta ja tuulen nopeudesta. Tuloksista nähdään, että sisäsaaristossa jää säilyy ehjänä kovallakin tuulella kohtalaisen pak-

about once a week, the measurements being taken rather close to the shore. These values do not hold for the seas between the islands: the thickness of the ice cover there is taken from the icebreakers' reports and from chance reports supplied by sealers and other people travelling on the ice.

The meteorological values have been extracted from the monthly review published by the Central Institute of Meteorology. The mean daily wind velocity at Oulu, Vaasa and Mariehamn has been used.

In Figs 13 to 15 the strength of the ice has been taken to be a linear function of the ice thickness versus wind velocity. It can be seen that the ice in the inner skerries will stand even hard winds once



Kuva 15. Jään kestävyys riippuvuus jään paksuudesta ja tuulen päivittäisestä keskinopeudesta Turun saaristossa ja Ahvenanmeren pohjoisosan kapeikossa.

Fig. 15. The interdependence of the thickness of the ice cover and the mean wind velocity at break-up on the Archipelago Sea and on the Åland Narrows (sometimes called the Southern Quark).

suuden saavutettuaan. Oulun saaristo on verrattain tiheätä Kattilankallaan saakka. Hailuodon pohjoispuolella saaristo harvenee, mutta siellä on vedenalaisia matalikkoja, joihin ilmeisesti jäätä kerääntyy paksuiksi kerroksiksi muodostaen tukikohtia. Perämeren pohjoisosaan noin linjalle Merikallat—Norströmsgrund muodostuu useina talvina liikkumaton jääkenttä. Se on yleensä hyvin epätasaista, jopa hylkeenpyytäjienkin on siinä vaikea edetä. Jäänpaksuus on mitattu jään tasaisista kohdista. Kun tällä alueella sattui 7—8 beauf:n myrsky, ilmoittivat lentäjät useimmiten havainneensa railoja. Itse Perämeren ulappaa ei tarkasteltu, sillä ulapan jää ilmeisesti liikahtelee kovinakin talvina, vaikka siitä ei aina havaintoja ole saatukaan.

it has reached a reasonable thickness. Between Oulu and Kattilankalla the skerries consist of islands rather close together. North of Hailuoto the skerries are much more open, but the area is studded with shoals. Ice seems to get grounded on these shoals and freeze fast, simulating islands. The northern end of the Bay of Bothnia, say north of a line from Merikallat to Norströmsgrund, is covered most winters by a consolidated ice field. The ice is usually heavily hummocked and even old sealers have difficulty in crossing it. The thickness of ice has been measured at level spots. When winds of 7 or 8 Beaufort rise in the area, air pilots have also reported cracks and leads in the ice. In the central part of the Bay of Bothnia the ice may be supposed to move even during the most severe winters, although observations are too sparse to allow of a definite statement.

Vaasan saaristosta samoin kuin muualta rannikolta saadut tulokset olivat lähes samanlaisia. Sen vuoksi lienee mahdollista, että kiintojään kestävyys voidaan esittää saariston tiheyden funktiona. Käytännössä saariston tiheyden määrittäminen on kuitenkin vaikea tehtävä, sillä, paitsi että saaret sijaitsevat epäsäännöllisesti, on vaikea päätellä, mitkä matalikot on otettava mukaan. Kiintojääsilloja tutkittaessa (Palosuo 1956) on viitattu siihen, että Merenkurkun jääsillan syntymisen edellytyksenä on, että jää on kasautunut röykkiöiksi siellä oleville vedenalaisille karikoille ja muodostanut siten »jääsaaria». Ahvenanmeren jääsillan muodostumisessa jään taasen tuli olla tasaista ja sen oli ehdittävä paksuuntua riittävästi ennen ensimmäisen kovan tuulen sattumista.

Paitsi jään paksuutta on tarkastelussa otettava huomioon muitakin tekijöitä kuten avoveden läheisyys ja vedenkorkeuden vaihtelujen suuruus.

The results for the Vaasa skerries and other areas were similar and it thus seemed feasible to derive a relationship between the density of the skerries and the strength of the fast-ice. The difficulty is to define the density of the skerries. Not only are the islands very irregularly distributed, but it is well-nigh impossible to decide which shoals shall be counted as islands. A study of fast-ice bridges (Palosuo 1956) has already suggested that a fast-ice bridge in the Quark will form only when ice grounds on largely submerged shoals and creates »islands». In the Åland narrows, on the other hand, the prerequisite for a fast-ice bridge is level ice grown during calm weather to a sufficient thickness to withstand the first hard wind and the impact of the ice-pack which this wind sets moving.

Factors other than the density of the skerries come into play, too, such as changes of water level (tides are small) and the proximity of open water where a swell may build up.

## 2. Jäälaadusta satamien pääväylillä.

Käytännöllisessä elämässä on usein tarpeellista tietää, paitsi jäätymisen ajankohdan, myös kuinka nopeasti alueelle muodostuu kiintojäästä sekä sitä ennen havaittujen jäälaadujen esiintymisen useus. Sentähden suoritettiin koko Suomen rannikkoa koskeva merentutkimuslaitoksen havaintoaineiston muokkaus talvilta 1914—1962 eli niin kauas taaksepäin kuin oli mahdollista saada riittävän yksityiskohtaisia havaintoja. Jokaisesta talvisatamasta johtava pääväylä jaettiin käytännössä saadun kokemuksen perusteella siten, että jääolot olivat mahdollisimman samanlaiset kullakin väylän osuudella erikseen. Taulukossa 2 mainitut paikat ovat maantieteellisessä järjestyksessä pohjoisesta etelään. Kunkin ryhmän alussa on mainittu satama tai

## 2. Forms of ice along the fairways.

For practical reasons it is often necessary to know not only the time of freezing but also the kind of ice formed and the speed of freezing over. All the material available in the archives of the Institute of Marine Research, i.e. for the years 1914 to 1962 has therefore been studied and tabulated (Earlier material is not sufficiently detailed to be of much value in this connection.) For every harbour open to winter navigation the entrance fairway was subdivided into sections delineated by geographical points at which the features of freezing or ice cover changed, the features being roughly constant between one point and the next. The ice conditions for each section have been tabulated below. At the head of each group the harbour or



meriliikennepaikka. Sitä seuraavat ryhmät ovat väyläosuuksia merelle päin. Esitys rajoittuu ulkokarien rajoittamalle alueelle, sillä ulkomeren mukaanotto ei olisi ollut mielekästä. Alueet on koetettu valita samoiksi kuin eräissä aikaisemmissa tämän-tapaisissa julkaisuissa (*Simojoki* 1953).

Taulukkoa laadittaessa on tarkastelu kohdistettu kolmeen jaksoon: alkutalveen ensijäätymisestä alueen peittymiseen pysyvällä kiintojällä, keskitalvisen kiintojään aikaan sekä lopputalveen jääpeitteen rikkoutumisesta jään lopulliseen katoamiseen. Näiden ajanjaksojen keskimääräiset ajankohdat laskettuina talvilta 1914—1962 on esitetty taulukossa 2.

Mikäli jonakin talvena jättä ei ole kysymyksessä olevalla alueella esiintynyt ollenkaan, on siinä käytetty sen talven kulminatiopäivämäärää eli jää on merkitty syntyneeksi ja kadonneeksi samana päivänä. Tällöin on päästy kokonaisuuden kannalta jatkuvaan esitystapaan. Myöhemmässä esityksessä tullaan laskemaan myös jään ilmestymisen ja katoamisen keskimääräiset ajankohdat vain todellisilta päivämääritä.

Taulukossa ovat edelleen eri jäälaatuojen esiintymispäivien keskimääräiset luvut yhtä talvea kohden laskettuina ajalta 1914—1962 eli 48 talvelta. Vertailuja varten on katsottu olleen syytä laskea ne kahdella desimaalilla. Karkauspäivistä johtuen ei näiden lukujen summa ole tasainen.

Jään laatuojen kuvaamisessa on koetettu noudattaa samaa periaatetta kuin Itämeren jäätiedotustyössä on käytetty (*Rodhe* 1959) kuitenkin seuraavin poikkeuksin. Jäätiedotuksissa esiintyvä ryhmä »uusi jää», joka käsittää, paitsi ohuen jääpeitteen, myös jääkiteet, lumi- ja jääsohjon, lautasjään ja jääkalvon, on taulukossa syyspuolella jaettu kahteen pääryhmään: »uusi jää», jolla tarkoitetaan yhtenäistä alle 5 cm paksua jääpeitettä sekä »sohjo», johon

roadstead is given, and the groups are arranged geographically from north to south and then east. In each group the fairway sections are arranged from the harbour to the sea. This study does not include the sea areas beyond the outermost skerries since these areas require quite different techniques of study. The grouping is somewhat similar to that used in previous publications on related subjects (*Simojoki* 1953).

In the table three periods have been differentiated: the period from first freezing to the formation of constant fast-ice, the period of winter fast-ice and the period from the breaking up of this ice to the final disappearance of the ice. The mean dates for these periods for the years 1914 to 1962 appear in Table 2.

If in any winter no ice formed on the area in question, the date of culmination of the ice winter was taken to be the date of formation and of disappearance of the ice. Omitting these winters would have led to distorted means. Later, mean dates of freezing and break-up for winters with ice only will be calculated.

Further, the table gives the mean number of days per winter on which different kinds of ice have been reported from each section during the 48 winters of the period 1914—1962. To facilitate comparison two decimals have been retained. Sums are not the whole number differences between dates because of the influence of leap years.

The different kinds of ice have, with a few exceptions, been defined according to the internationally accepted Baltic Nomenclature (*Rodhe* 1959). The Nomenclature defines new-ice as: frazil crystals, ice rind, thin ice sheet, pancake ice, snow slush or ice sludge. In the present table during the first period of winter the term — »new ice» has been used for ice sheet or level ice less than 5 cms thick, whereas the other forms of new-ice have been called »sludge».

luetaan pienten irrallisten osasten muodostama jäämassa. Jäätidetuksissa esiintyvä »heikko kiintojää», 5—15 cm paksu tai hauras kevätjää, on siinä tapauksessa, että se on myöhemmin rikkoutunut, esitetty taulukossa otsakkeella »tasainen jää». Jäätidetuksen käsitteet »hajallinen ajojää» ja »tiheä ajojää» on maahavaintoasemilta useinkin vajavaisena saadun aineiston perusteella yhdistetty yhdeksi »ajojään» ryhmäksi. Karkea jää on esitetty kolmena ryhmänä: »paksu sohjo», »tuore ahtoutuma», ja »yhteenjäätynyt kenttä». Viime mainittuun ryhmään kuuluu myös sellainen tapaus, että alueelle on muodostunut halkeamia tai railoja, mutta suurin osa jäästä on ehjää. Kun jääkentässä esiintyvää puristusta on vaikea havaita, ja siitä saadaan ajottaisia ilmoituksia vain jäänmurtajilta tai avustettavilta kauppa-aluksilta, katsotaan näihin kolmeen käsitteeseen kuuluvan myös ajottainen puristus. Huomattavaa on, että jääkentän jäätessä liikkumattomaksi, se varsinkin ulkosaaristoissa ja merellä on tavallisesti karkea.

Irrallisen jään osalta laskettiin todellisten jääpäivien luku. Lisäksi esitettiin avoveden välipäivät, joihin laskettiin kuuluvaksi »rannikon suuntainen railo» siinä tapauksessa, että railo käsittää lähes koko kysymyksessä olevan alueen. Muussa tapauksessa railon ulkopuolella oleva jään laatu huomioitiin.

Taulukossa 2 on lopuksi mainittu jään esiintymisen todennäköisyys ja erikseen todennäköisyys sille, että se olisi jäätynyt liikkumattomaksi kentäksi.

The »thin fast-ice» of the Nomenclature, the fast-ice between 5 and 15 cms thick, appears here as level ice if later on broken before the formation of winter fast-ice. The »open drift-ice» and »close drift-ice» of the Nomenclature have been grouped together as »drift-ice», since observations were not sufficiently detailed to permit a classification into either group. Besides, drift-ice may be close on one side and open on the other of even a small area, depending on the wind.

The forms of coarse ice are distinguished in the table: »compressed sludge», »fresh pressure-ice», indicating pressure ridges and hummocks which may still disgorge, and »pack-ice frozen together» into which class also falls (partly) consolidated pressure ice with cracks and some leads but which is not broken up. Since the amount of pressure in the ice is not easily observed from a shore station and has to be taken from icebreaker reports when available, or from the ice-logs of the merchant marine, intermittent ice pressure is automatically included in these »days of coarse ice». Fast-ice in the outermost skerries and at sea is, with very few exceptions, consolidated coarse ice with ridges and hummocks.

The average number of days of each kind of ice (the sum of the former) is followed by the mean number of days of open water during the ice season, also including the days with (shore) leads if these cover most of the area. Leads covering only parts of an area have been disregarded in this connection and the ice on the main part of the area has been counted.

The last columns of Table 2 indicate the probability of ice formation and the probability of fast-ice formation, either by growth or by consolidation.

Taulukko 2. Eri jäälaatuojen keskimääräinen esiintyminen päivissä ensijäätymisestä liikkumattomaan jääkenttään sekä keväällä jääkentän rikkoutumisesta jään lopulliseen katoamiseen laskettuna talvilta 1914—1962

No	Paikka Place	Ensi jäätyminen First freezing	Irrallisen jään esiintyminen (päiviä) Number of day of drift-ice of different kinds									
			A	Uusi jää New ice	Sohjo Sludge	Ajojää Drifting floes	Tasainen jää Level ice	Paksu sohjojyvy Close sludge	Ahtoutuma Pressure ice	Jääkenttä Icefield	Jääpäiviä yht. Days of drift-ice, total	Avovesipäiviä Open water
				1 <sub>a</sub>	1 <sub>b</sub>	3—6	2	4	2	7	1—8	9
<b>Tornio / Torneå</b>												
1.	Sisäsatama — inner harbour	30. X	9.84	2.09	0.68	0.39	—	—	—	13.00	5.61	
2.	Röyttä	3. XI	9.30	2.11	1.68	1.20	0.36	0.18	—	14.83	7.11	
3.	Kuusiluoto	11. XI	8.14	1.32	1.25	1.05	0.07	0.09	—	11.92	5.00	
4.	Iso Huituri	19. XI	7.09	1.41	1.02	0.39	0.36	0.14	0.14	10.55	5.43	
5.	Sarvensaaret	28. XI	5.30	1.27	1.75	0.34	1.86	1.52	0.16	12.20	5.02	
	Sandskär	3. XII	6.02	1.16	4.07	1.30	0.45	4.27	0.55	17.82	6.30	
	Malören	9. XII	7.43	1.66	11.32	0.52	0.68	5.50	4.22	31.33	9.86	
	Malören, ulkopuoli — outside	19. XII	5.27	0.91	16.07	0.09	0.93	7.14	3.40	33.81	9.20	
<b>Kemi</b>												
6.	Sisäsatama — inner harbour	2. XI	11.17	0.51	0.88	0.17	—	—	—	12.73	4.72	
7.	Keskiväti — central roadstead	7. XI	9.02	0.96	1.11	1.40	0.02	0.21	—	12.72	5.87	
8.	Ajos	16. XI	6.30	2.57	2.04	0.32	1.45	0.62	0.17	13.47	6.04	
9.	Inakari	22. XI	5.72	1.81	1.40	0.79	1.09	1.17	0.64	12.62	5.21	
10.	Keminkraaseli	27. XI	5.38	1.11	2.70	1.68	0.98	3.00	1.25	16.10	5.87	
11.	Mutkanmatala	4. XII	7.36	1.87	10.36	0.72	0.09	5.94	1.96	28.30	8.00	
12.	Kemin matalat	12. XII	6.38	1.83	15.47	0.53	0.32	3.83	2.42	30.78	10.81	
13.	Kemin matalat, ulkopuoli — outside	19. XII	4.64	1.13	18.72	—	0.15	3.34	2.07	30.05	10.13	
<b>Haukipudas</b>												
14.	Kraasukka	27. XI	7.40	1.53	2.09	0.77	0.16	0.91	—	12.91	6.58	
15.	Ulkokrunni	30. XI	6.88	1.67	5.19	0.91	0.74	2.67	1.02	19.29	7.56	
16.	Ulkokrunni, ulkopuoli — outside	7. XII	7.33	1.84	10.23	0.40	1.07	4.79	1.35	27.01	8.12	
<b>Oulu / Uleåborg</b>												
17.	Toppila, salmi — sound	12. XI	9.94	2.23	0.23	0.15	—	—	—	12.65	3.77	
18.	Toppila, reti — roadstead	17. XI	9.31	2.08	0.23	0.23	0.02	—	—	11.87	3.08	
19.	Saapaskari	20. XI	8.52	0.79	1.00	0.52	0.02	0.15	—	11.00	5.21	
20.	Kattilankalla	27. XI	7.31	2.13	2.52	2.15	0.06	0.42	0.65	15.24	7.44	
21.	Kohomatala	3. XII	7.85	3.54	8.81	1.50	0.48	3.13	3.73	29.04	12.50	
22.	Merikallat	21. XII	7.02	1.52	15.58	1.19	—	5.69	4.25	35.25	10.98	
23.	Merikallat, ulkopuoli — outside	27. XII	6.08	1.10	17.85	0.29	0.08	6.90	2.52	34.82	9.65	

Table 2. The mean distribution in time of different kinds of ice from first freezing to fast-ice and then the final disappearance of the ice, computed from the observational material 1914—1962

Kiintojää <i>Land-fast-ice</i>	Kiintojääpäiviä <i>Fast-ice days</i>	Kiintojää rikki <i>Fast-ice breaks up</i>	Irtallisen jään esiintyminen (päiviä) <i>Number of days of drift-ice</i>							Jään katoaminen <i>Ice disappears</i>	Todennäköi- syys <i>Probability</i>	
			Jätkentä <i>Icefield</i>	Ahtoutuma <i>Pressure ice</i>	Tasainen jää <i>Level ice</i>	Alojää <i>Drifting floes</i>	Unsiää, sohjo <i>New ice, stodge</i>	Jääpäiviä yht. <i>Days of drift-ice, total</i>	Avovesipäiviä <i>Open water</i>		Jään muodostumiseen <i>formation of ice</i>	Kiintojään muodost. <i>formation of fast-ice</i>
B'	5	C'	7	8	9	3—6	1	1—8	9	D	ra	rb
17. XI	176	12. V	—	—	3.27	0.25	0.50	4.02	0.09	16. V	1.00	1.00
25. XI	173	16. V	—	—	2.41	0.70	0.27	3.38	0.21	20. V	1.00	1.00
28. XI	172	19. V	—	—	1.50	0.86	0.09	2.45	0.30	22. V	1.00	1.00
5. XII	167	20. V	—	0.09	0.57	1.75	0.11	2.52	0.16	23. V	1.00	1.00
14. XII	156	20. V	0.16	0.59	0.61	2.52	0.07	3.95	0.46	25. V	1.00	1.00
28. XII	140	16. V	0.30	1.41	0.86	4.14	0.02	6.73	1.80	25. V	1.00	1.00
19. I	103	2. V	1.14	4.30	0.77	9.96	0.61	16.71	5.16	24. V	1.00	1.00
31. I	79	19. IV	0.80	7.45	0.73	17.77	0.71	27.46	6.54	23. V	1.00	1.00
20. XI	178	16. V	—	—	1.62	0.32	0.02	1.96	—	18. V	1.00	1.00
26. XI	175	19. V	—	—	0.80	1.45	0.19	2.33	0.11	21. V	1.00	1.00
4. XII	165	20. V	—	0.06	0.62	1.72	0.06	2.46	0.26	22. V	1.00	1.00
10. XII	162	20. V	—	0.26	0.28	2.21	0.04	2.79	0.47	23. V	1.00	1.00
19. XII	153	21. V	—	0.45	0.11	3.45	—	4.01	1.00	26. V	1.00	1.00
10. I	125	14. V	0.21	1.21	1.06	7.38	—	9.86	2.94	27. V	1.00	1.00
23. I	100	3. V	1.32	3.49	0.85	12.89	0.19	18.74	4.21	25. V	1.00	1.00
29. I	83	21. IV	0.15	4.60	0.68	21.38	0.81	27.62	5.43	24. V	1.00	1.00
17. XII	152	18. V	0.09	0.16	1.19	2.60	0.05	4.09	1.05	23. V	1.00	1.00
27. XII	141	17. V	0.74	0.42	0.98	4.14	—	6.28	1.07	24. V	1.00	1.00
11. I	123	14. V	0.09	1.19	0.49	7.02	—	8.79	2.80	26. V	1.00	1.00
29. XI	155	2. V	—	—	2.77	0.13	0.69	3.59	0.02	6. V	1.00	1.00
2. XII	158	8. V	—	—	3.44	0.83	0.21	4.48	0.17	13. V	1.00	1.00
7. XII	159	14. V	—	—	1.38	2.04	—	3.42	0.25	18. V	1.00	1.00
20. XII	146	16. V	—	0.15	0.50	3.83	0.02	4.50	0.92	21. V	1.00	1.00
13. I	119	13. V	—	0.94	1.04	6.52	—	8.50	2.84	24. V	1.00	1.00
5. II	72	18. IV	1.17	9.21	1.81	18.31	0.82	31.32	6.44	26. V	1.00	1.00
9. II	62	12. IV	—	10.75	—	22.69	0.69	34.13	7.09	23. V	1.00	1.00

N:o	Paikka — Place	A	1 <sub>a</sub>	1 <sub>b</sub>	3—6	2	4	8	7	1—8	9
<b>Raahen / Brahestad</b>											
24.	Sisäsätama — inner harbour .....	9. XI	12.06	2.08	0.58	0.90	—	—	—	15.61	7.50
25.	Lapaluoto, reti — roadstead .....	23. XI	9.60	3.15	1.67	3.65	0.08	—	—	18.15	9.83
26.	Ulkopauha .....	27. XI	9.48	4.04	1.85	2.31	0.54	0.44	0.12	18.78	12.77
27.	Jyry .....	4. XII	8.67	3.60	4.15	1.92	0.48	2.94	3.37	25.13	14.85
28.	Maanahkiainen .....	13. XII	8.04	3.25	7.98	2.25	0.33	2.54	2.25	26.64	16.25
29.	Ulkonahkiainen .....	25. XII	6.77	2.06	15.85	0.40	0.23	3.48	3.23	32.02	13.50
30.	Nahkiainen, ulkopuoli — outside .....	1. I	5.40	2.02	18.48	0.48	0.38	4.90	2.59	34.25	11.40
31.	Kalajoki .....	16. XI	12.07	3.59	0.50	1.93	0.18	—	—	18.27	11.27
32.	Lepäinen .....	13. XII	7.43	4.32	2.91	2.02	0.61	0.48	0.52	18.29	10.75
33.	Välimatala .....	20. XII	7.31	4.23	7.27	2.08	0.52	1.54	1.78	24.30	12.96
34.	Maakalla .....	27. XII	6.92	4.06	14.02	1.75	0.17	2.13	1.82	30.87	10.94
35.	Ulkokalla .....	30. XII	5.85	4.19	16.73	1.44	0.27	2.81	4.19	35.48	10.23
36.	Ulkokalla, ulkopuoli — outside .....	3. I	5.08	3.00	22.04	0.73	0.52	6.29	2.90	40.56	10.40
37.	Himanka .....	19. XI	10.56	4.17	1.44	9.31	0.29	—	—	25.77	12.17
38.	Ohtakari .....	13. XII	8.00	4.20	3.42	3.29	0.38	1.81	2.55	23.65	15.02
39.	Ohtakari, ulkopuoli — outside .....	28. XII	6.60	2.94	17.54	1.85	1.13	5.08	5.42	40.50	13.58
<b>Kokkola / Gamla Karleby</b>											
40.	Ykspihlaja / Yxpila .....	23. XI	8.23	1.81	1.15	1.50	—	—	—	12.79	9.04
41.	Hungerberg .....	2. XII	7.31	2.73	0.54	2.60	0.33	—	—	13.51	9.77
42.	Repskär .....	9. XII	6.40	4.56	1.13	2.38	0.65	0.15	0.37	15.64	12.56
43.	Tankar .....	16. XII	6.46	6.27	2.73	3.42	0.60	0.27	0.89	20.64	12.35
44.	Kredens .....	28. XII	6.96	5.27	7.81	1.54	0.71	2.52	5.73	30.54	14.96
45.	Tankar, 5' → NW ..	4. I	6.60	3.60	15.71	0.44	0.69	6.10	3.67	36.81	12.40
46.	Tankar, 10' → NW ..	9. I	4.90	1.98	19.25	0.40	0.88	7.17	3.61	38.19	9.04
<b>Pietarsaari / Jakobstad</b>											
47.	Leppäluoto / Alholmen .....	25. XI	7.89	2.34	0.72	0.66	—	—	—	11.61	9.68
48.	Ädöskatan .....	4. XII	6.94	1.62	1.06	1.96	0.26	0.17	—	12.01	10.13
49.	Mässkär .....	13. XII	6.45	3.43	1.23	3.62	0.34	0.34	0.22	15.63	10.36
50.	Kallan .....	27. XII	7.19	3.74	5.77	2.34	0.66	2.13	3.13	24.96	12.57
51.	Mässkär, 5' → W ..	5. I	7.00	2.09	15.81	0.47	0.55	6.64	3.59	36.15	12.89
52.	Mässkär, 10' → W ..	10. I	4.77	1.26	19.36	0.30	0.68	6.72	2.87	35.96	9.91
<b>Ritgrundin väylä — fairway</b>											
	St. Iskmo .....	3. XII	7.15	1.63	0.35	0.35	0.11	—	—	9.59	6.13
	Trutbäll .....	10. XII	6.78	2.20	0.33	0.54	0.20	0.13	—	10.18	6.17
	Ritgrund .....	24. XII	6.20	4.76	5.00	4.13	0.74	1.18	2.20	24.51	13.59
<b>Merenkurkku / Norra Kvarken</b>											
	Valassaaret / Valsörarna .....	22. XII	7.22	4.93	1.85	8.91	0.70	0.72	1.50	25.83	7.61
	Valassaaret, 5' → W ..	27. XII	8.17	3.74	18.76	1.04	0.24	2.83	3.26	38.04	15.65
	Valassaaret, 10' → W ..	29. XII	7.57	3.24	19.70	0.80	0.35	3.52	2.61	37.79	14.63

B'	5	C'	7	8	2	3-6	1	1-8	9	D	r <sub>A</sub>	r <sub>B</sub>
2. XII	154	5. V	—	—	2.92	0.38	0.52	3.82	0.21	9. V	1.00	1.00
21. XII	140	9. V	0.06	—	2.25	1.52	0.27	4.10	1.69	15. V	1.00	1.00
28. XII	134	11. V	0.02	0.48	0.92	4.13	0.06	5.61	2.92	20. V	1.00	1.00
13. I	120	12. V	0.10	1.77	0.21	6.25	—	8.33	2.89	23. V	1.00	1.00
25. I	94	29. IV	0.90	4.96	2.02	12.10	0.04	20.02	5.31	25. V	1.00	1.00
9. II	62	12. IV	0.96	8.23	1.79	19.90	0.31	31.19	10.64	24. V	1.00	0.96
16. II	42	30. III	0.85	13.81	1.60	25.31	0.69	42.26	8.79	20. V	1.00	0.83
16. XII	138	3. V	—	—	3.30	0.98	0.32	4.60	0.59	8. V	1.00	1.00
11. I	115	6. V	0.14	0.89	1.59	4.07	0.09	6.78	1.80	14. V	1.00	1.00
27. I	94	30. IV	0.96	3.04	1.29	8.96	0.08	14.33	2.63	17. V	1.00	0.98
7. II	77	25. IV	0.33	4.65	1.23	13.33	0.38	19.92	4.37	19. V	1.00	0.94
13. II	52	6. IV	1.81	8.60	5.60	14.44	1.10	31.55	11.27	19. V	1.00	0.88
23. II	31	27. III	0.35	13.15	0.58	25.81	0.85	40.74	10.23	17. V	1.00	0.69
27. XII	127	3. V	—	—	3.17	1.92	0.02	5.11	1.92	10. V	1.00	1.00
21. I	99	30. IV	1.46	2.38	1.67	7.65	—	13.16	3.60	16. V	1.00	1.00
20. II	38	30. III	1.40	11.94	0.83	23.83	0.61	38.61	11.92	19. V	1.00	0.75
15. XII	139	3. V	—	—	3.04	0.44	0.38	3.86	0.15	7. V	1.00	1.00
25. XII	132	5. V	—	—	1.94	0.58	0.40	2.92	0.38	8. V	1.00	1.00
6. I	119	5. V	0.10	0.10	1.65	1.90	0.44	4.19	1.10	10. V	1.00	1.00
18. I	100	28. IV	1.04	1.70	3.50	5.38	0.50	12.12	2.69	13. V	1.00	1.00
11. II	44	27. III	0.73	9.15	1.65	14.90	1.02	27.45	18.35	12. V	1.00	0.77
22. II	27	21. III	0.28	14.00	0.29	23.52	0.94	39.04	13.81	13. V	1.00	0.63
25. II	25	22. III	0.33	13.52	0.65	23.92	0.83	39.25	11.02	11. V	1.00	0.60
16. XII	135	30. IV	—	—	3.00	0.28	0.36	3.64	0.28	4. V	1.00	1.00
26. XII	127	1. V	—	—	2.02	1.00	0.34	3.36	0.30	5. V	1.00	1.00
8. I	113	1. V	0.66	0.70	1.15	2.70	0.55	5.76	0.83	7. V	1.00	1.00
2. II	63	6. IV	0.96	5.19	1.49	11.17	1.00	20.11	10.89	7. V	1.00	0.92
23. II	27	22. III	0.13	11.28	0.66	19.74	0.74	32.55	13.49	7. V	1.00	0.62
25. II	24	21. III	0.06	12.79	0.36	20.04	0.85	34.10	11.52	6. V	1.00	0.57
19. XII	129	27. IV	—	—	4.35	0.26	0.15	4.76	0.04	1. V	1.00	1.00
26. XII	128	3. V	0.07	—	2.35	1.76	0.06	4.24	0.61	8. V	1.00	1.00
31. I	67	8. IV	2.76	4.04	6.63	6.20	1.00	20.63	7.11	6. V	1.00	0.98
24. I	77	11. IV	2.65	2.17	9.04	4.59	0.76	19.21	4.05	4. V	1.00	1.00
19. II	29	20. III	0.59	6.48	0.57	19.13	3.11	29.88	15.50	4. V	1.00	0.61
20. II	29	20. III	0.11	7.09	0.57	20.61	2.14	31.12	14.19	4. V	1.00	0.61

N:o	Paikka — Place	A	1 <sub>a</sub>	1 <sub>b</sub>	3—6	2	4	8	7	1—8	9
<b>Vaasa / Wasa</b>											
57.	Sisäsatama — <i>inner harbour</i> .....	17. XI	9.27	2.29	0.38	0.83	—	—	—	12.77	7.17
58.	Vaskiluoto / Vasklot	25. XI	8.27	1.77	0.42	0.35	—	—	—	10.81	6.60
59.	Nagelprick .....	2. XII	7.06	1.27	0.21	0.73	0.02	—	—	9.29	5.08
60.	Storhåsten .....	9. XII	6.65	1.29	0.17	0.63	0.25	0.04	—	9.03	3.15
61.	Ensten .....	14. XII	5.75	3.04	1.67	4.60	0.81	1.38	0.93	18.18	4.33
62.	Norra Gloppsten ...	21. XII	7.42	4.23	8.90	1.42	1.00	1.54	2.83	27.34	10.17
63.	Norrskär .....	6. I	7.15	2.58	9.83	2.38	0.15	0.96	3.12	26.17	14.88
64.	Norrskär, 5' → W ..	12. I	7.56	1.94	14.27	0.48	0.15	2.00	1.79	28.19	17.02
65.	Norrskär, 10' → W .	18. I	6.25	1.60	13.40	0.50	0.13	1.36	0.98	24.42	15.81
<b>Rönnskärin väylä — fairway</b>											
66.	Sisäsaaristo — <i>inner skerries</i> .....	5. XII	6.88	1.85	0.21	0.79	0.31	—	—	10.04	7.04
67.	Rönnskär .....	19. XII	8.15	3.00	1.63	3.02	0.56	0.23	0.58	17.17	5.58
68.	Rönnskär, 2' → W ..	31. XII	9.52	4.65	8.10	1.38	1.06	2.23	2.15	29.09	16.23
69.	Rönnskär, 5' → W ..	11. I	9.31	2.92	13.77	0.38	0.35	2.69	1.23	30.65	18.96
70.	Rönnskär, 10' → W	15. I	7.44	1.69	14.06	0.31	0.31	1.83	0.80	26.44	19.81
<b>Kaskinen / Kaskö ...</b>											
71.	Satama — <i>harbour</i> ..	3. XII	9.04	2.34	1.08	0.48	—	—	—	12.94	7.08
72.	Sälgrund .....	21. XII	10.21	6.54	3.50	3.21	2.79	1.31	1.17	28.73	11.46
73.	Sälgrund, 2' → SW ..	29. XII	11.85	6.02	9.77	1.79	1.33	2.75	1.85	35.36	17.23
74.	Sälgrund, 5' → SW ..	7. I	11.92	3.12	12.77	0.90	0.44	4.00	1.40	33.95	21.65
75.	Sälgrund, 10' → SW	14. I	9.54	2.04	11.71	0.73	0.79	4.65	0.65	30.11	19.67
<b>Pori / Björneborg ...</b>											
76.	Mäntyluoto .....	17. XII	17.15	11.40	3.81	2.79	2.06	0.12	0.40	37.73	14.25
77.	Kolmikulma / 'Trekant' .....	25. XII	12.87	9.60	4.04	1.48	5.67	2.15	1.35	37.16	14.77
78.	Kaijakari .....	4. I	10.44	6.88	5.83	2.17	2.19	2.21	1.54	31.26	15.58
79.	Kaijakari, 2' → W ..	13. I	11.94	4.06	8.56	0.58	0.29	3.10	1.62	30.15	20.58
80.	Kaijakari, 5' → W ..	18. I	9.85	3.06	10.17	0.40	0.25	2.83	0.68	27.24	19.50
81.	Kaijakari, 10' → W	26. I	7.65	1.83	9.98	0.44	0.27	3.08	0.44	23.69	15.44
<b>Säpin väylä — fairway</b>											
82.	Outoori / Ådören ...	30. XII	11.52	7.71	4.04	3.33	2.63	1.06	1.00	31.29	10.35
83.	Säppi / Säbbskär ...	5. I	11.38	6.98	5.52	3.35	0.54	1.27	2.28	31.32	13.15
84.	Säppi, 2' → W .....	12. I	11.42	4.23	9.19	0.83	0.69	3.21	1.71	31.28	20.10
85.	Säppi, 5' → W .....	18. I	10.06	2.63	10.88	0.38	0.27	3.06	0.94	28.22	18.62
86.	Säppi, 10' → W .....	25. I	8.06	1.63	10.56	0.48	0.17	2.98	0.39	24.27	15.54
<b>Rauma / Raumo</b>											
87.	Satama — <i>harbour</i> ..	13. XII	9.90	2.15	0.50	0.48	—	—	—	13.03	5.15
88.	Valkeakari .....	24. XII	8.71	2.73	3.25	3.40	1.46	0.85	0.85	21.25	8.69
89.	Kylmäpihlaja .....	2. I	10.04	3.56	4.69	2.98	2.00	1.85	0.86	25.98	14.40
90.	Pihlus .....	11. I	11.13	3.52	6.90	1.04	0.50	2.29	1.79	27.17	19.54
91.	Raumanmatala ....	19. I	9.75	1.94	9.29	0.23	0.48	3.75	1.35	26.79	17.52
92.	Raumanmatala, 5' → W .....	25. I	7.38	1.58	9.25	0.10	0.06	3.58	0.69	22.64	15.56
93.	Raumanmatala, 10' → W .....	30. I	5.96	1.33	9.75	0.08	—	3.19	0.69	21.00	13.88
<b>Uusikaupunki / Nystad</b>											
94.	Satama — <i>harbour</i> ..	6. XII	10.04	1.98	0.58	0.35	—	—	—	12.95	5.79
95.	Kirsta .....	23. XII	8.50	1.29	0.46	1.71	0.15	—	—	12.11	5.08

B'	5	C'	7	8	2	3-6	1	1-8	9	D	r <sub>A</sub>	r <sub>B</sub>
7. XII	138	24. IV	—	—	3.60	0.15	0.31	4.06	0.08	28. IV	1.00	1.00
12. XII	137	28. IV	—	—	2.50	0.48	0.29	3.27	0.31	2. V	1.00	1.00
17. XII	138	3. V	—	—	1.58	1.06	0.08	2.72	0.17	6. V	1.00	1.00
22. XII	133	4. V	—	—	1.25	1.48	0.13	2.86	0.17	7. V	1.00	1.00
6. I	113	29. IV	0.94	1.15	2.83	2.75	0.21	7.88	0.72	7. V	1.00	1.00
28. I	79	17. IV	1.02	1.27	2.38	5.19	0.79	10.65	4.31	2. V	1.00	0.98
16. II	40	28. III	1.52	1.50	4.25	7.06	2.32	16.65	8.54	23. IV	1.00	0.73
26. II	7	5. III	0.13	5.79	—	16.88	4.88	27.68	16.37	18. IV	1.00	0.31
28. II	6	6. III	0.10	5.31	0.04	17.56	3.44	26.45	14.18	16. IV	0.98	0.28
22. XII	131	2. V	—	—	2.02	1.69	0.19	3.90	0.17	6. V	1.00	1.00
11. I	99	19. IV	0.92	0.50	5.75	1.65	0.77	9.59	2.15	1. V	1.00	1.00
14. II	39	25. III	0.67	3.65	3.29	6.90	2.41	16.92	9.05	20. IV	1.00	0.79
1. III	7	8. III	—	4.77	—	13.77	3.64	22.18	16.52	15. IV	1.00	0.19
2. III	5	7. III	—	3.92	—	14.52	3.69	21.13	15.25	12. IV	0.98	0.19
23. XII	122	24. IV	—	—	2.79	1.06	0.73	4.58	0.65	29. IV	1.00	1.00
30. I	71	11. IV	0.42	1.19	2.31	3.46	1.85	9.23	3.13	23. IV	1.00	0.92
19. II	36	27. III	0.44	4.08	1.29	8.00	2.08	15.89	8.27	21. IV	1.00	0.71
4. III	10	14. III	0.23	4.19	0.52	12.31	2.54	19.79	13.63	16. IV	1.00	0.31
4. III	6	10. III	0.67	6.46	0.56	11.21	2.08	20.98	10.24	10. IV	1.00	0.27
7. II	56	4. IV	0.02	0.52	1.31	2.58	5.54	9.97	5.10	19. IV	1.00	0.88
15. II	43	30. III	0.21	3.31	0.96	4.29	4.44	13.19	6.15	19. IV	1.00	0.73
20. II	37	28. III	0.69	2.31	1.83	4.71	3.50	13.04	8.00	18. IV	1.00	0.67
5. III	10	15. III	0.10	5.00	0.85	8.35	2.94	17.24	12.16	13. IV	1.00	0.27
5. III	6	11. III	—	6.46	0.08	10.31	2.13	18.98	9.58	9. IV	0.96	0.21
6. III	5	11. III	—	7.40	0.04	11.73	1.70	20.87	7.83	8. IV	0.92	0.21
9. II	51	1. IV	0.56	2.44	2.48	4.50	3.54	13.52	5.33	20. IV	1.00	0.81
18. II	38	28. III	1.00	1.94	3.08	5.83	3.41	15.26	7.86	20. IV	1.00	0.71
4. III	10	14. III	0.42	4.83	0.85	8.23	2.98	17.31	11.71	12. IV	1.00	0.29
5. III	6	11. III	—	7.48	0.19	9.85	2.13	19.65	8.96	8. IV	0.96	0.21
5. III	4	9. III	—	8.00	—	11.75	1.64	21.39	8.38	8. IV	0.92	0.21
31. XII	107	17. IV	—	—	3.21	1.25	0.92	5.38	0.75	23. IV	1.00	1.00
23. I	77	10. IV	0.85	0.85	1.67	3.19	1.19	7.75	2.88	20. IV	1.00	1.00
11. II	47	30. III	0.67	2.08	2.17	3.19	1.54	9.65	5.16	14. IV	1.00	0.85
26. II	20	18. III	0.06	2.92	0.46	6.96	1.88	12.28	10.42	10. IV	1.00	0.46
4. III	8	12. III	—	3.42	0.44	11.02	1.81	16.69	9.77	7. IV	0.98	0.31
4. III	5	9. III	—	5.85	0.23	12.48	1.13	19.69	6.36	4. IV	0.94	0.21
6. III	5	11. III	—	6.46	0.13	12.35	0.70	19.64	5.08	4. IV	0.88	0.21
25. XII	116	20. IV	—	—	3.90	0.83	0.18	5.21	0.58	26. IV	1.00	1.00
9. I	99	18. IV	0.21	0.04	3.98	1.71	0.42	6.36	1.04	26. IV	1.00	1.00



N:o	Pailleka — Place	A	1 <sub>a</sub>	1 <sub>b</sub>	3—6	2	4	8	7	1—8	9
96.	Isokari / Enskär . . .	10. I	8.31	5.02	3.33	3.75	0.54	1.19	2.11	24.25	9.54
97.	Isokari, 2' → NW . .	16. I	9.81	5.08	7.35	0.46	0.19	2.25	1.25	26.39	15.79
98.	Isokari, 5' → NW . .	19. I	8.50	3.85	8.56	0.19	0.44	2.81	0.83	25.18	17.19
99.	Isokari, 10' → NW . .	23. I	6.79	2.73	8.75	0.08	0.13	3.17	0.46	22.11	16.88
<b>Kustavin väylä / Gustafs</b>											
	Lypyrntti / Lypertö .	25. XII	8.79	1.45	0.89	1.19	—	—	—	12.32	6.98
	Laupunen . . . . .	31. XII	7.26	1.49	1.11	0.87	0.15	—	—	10.88	6.34
	Porkankari . . . . .	5. I	6.83	1.49	0.45	1.53	0.45	0.38	—	11.13	4.30
	Vähä Hauteri . . . . .	8. I	6.17	1.98	1.62	2.66	0.30	0.98	0.02	13.73	4.51
	Keskikallio / Medelklubb . . . . .	10. I	8.11	3.70	3.34	3.91	0.62	1.19	1.15	22.02	9.09
<b>Finbon väylä — fairway</b>											
	Dånö . . . . .	5. I	8.96	2.11	0.30	0.60	—	—	—	11.97	6.06
	Finbo . . . . .	13. I	6.43	3.13	1.00	4.66	0.17	0.13	0.74	16.26	9.87
	Sälskär . . . . .	5. II	4.64	1.91	2.79	1.13	0.15	0.34	0.66	11.62	8.72
	Sälskär, 5' → N . . . .	12. II	4.21	1.15	6.00	0.30	0.06	1.45	1.72	14.89	8.04
	Sälskär, 10' → N . . .	12. II	4.02	0.74	6.85	0.15	0.23	1.21	0.64	13.84	8.70
<b>Torpö</b>											
	Länsiselkä . . . . .	6. I	10.76	0.68	0.16	1.54	—	—	—	13.14	8.51
100.	Signilskär . . . . .	27. I	7.12	2.95	0.95	4.14	0.21	0.29	0.05	15.71	4.55
101.	Märket . . . . .	3. II	3.94	2.67	5.21	0.81	—	0.52	0.72	13.87	12.56
102.	Märket, 5' → N . . . .	8. II	3.52	2.29	4.67	0.23	—	0.58	0.52	11.81	10.23
103.	Märket, 5' → W . . . .	7. II	3.46	1.98	5.29	0.35	0.02	0.46	0.58	12.14	11.10
104.	Märket, 5' → S . . . .	9. II	3.33	1.67	4.69	0.52	—	0.19	0.52	10.92	10.17
<b>Maarianhamina / Mariehamn</b>											
105.	Länsisatama — harbour . . . . .	23. I	9.65	1.94	0.83	0.71	0.02	—	0.04	13.19	8.42
106.	Korsö . . . . .	3. II	5.35	1.52	1.31	0.67	0.23	0.31	0.39	9.78	8.27
107.	Kobbaklintarn . . . . .	8. II	4.08	1.35	1.85	0.42	0.23	0.65	0.10	8.68	8.73
108.	Kobbaklintarn, 2' → SW . . . . .	12. II	3.63	1.15	2.71	0.33	0.04	1.13	0.56	9.55	7.60
109.	Kobbaklintarn, 5' → SW . . . . .	14. II	2.63	0.60	3.79	0.23	0.04	0.94	0.44	8.67	6.75
110.	Kobbaklintarn, 10' → SW . . . . .	16. II	2.27	0.63	3.92	0.17	—	0.77	0.54	8.30	5.92
111.	Degerby . . . . .	7. I	10.23	1.44	3.46	2.48	—	0.04	0.06	17.71	6.46
112.	Ledsund . . . . .	26. I	7.73	1.50	1.02	1.90	0.27	1.10	0.54	14.06	12.48
113.	Nygrund . . . . .	8. II	5.11	1.17	1.89	0.47	0.09	0.51	—	9.24	8.30
114.	Nyhamn . . . . .	13. II	3.88	1.19	1.73	1.75	0.10	0.31	0.44	9.40	6.48
115.	Lägsjär . . . . .	16. II	1.86	0.64	3.91	0.02	—	0.55	0.09	7.07	3.61
116.	Lägsjär, 5' → S . . . .	18. II	2.07	0.59	3.00	0.05	0.70	0.39	6.80	4.02	4.02
117.	Lägsjär, 10' → S . . .	19. II	1.89	0.55	2.75	0.02	—	0.75	0.43	6.39	3.43
<b>Naantali / Nådendal</b>											
	Sisäsatama — inner harbour . . . . .	1. XII	12.59	0.53	1.00	0.53	—	—	—	14.65	16.00
	Tupavuori . . . . .	25. XII	9.00	1.88	0.47	—	—	—	—	11.35	5.24
	Kuuva / Kufa . . . . .	29. XII	6.00	0.88	0.47	—	—	—	—	7.35	9.47
<b>Turku / Åbo</b>											
118.	Satamat — harbours . . . . .	10. XII	13.21	2.60	3.56	0.98	—	—	—	20.35	12.67
119.	Rajakari / Notgrund . . . . .	4. I	7.31	0.96	1.08	2.83	—	0.06	—	12.24	6.00

	B'	5	C'	7	8	2	3-6	1	1-8	9	D	PA	PB
13. 11	27. 11	44. 21	29. 11	1.19	1.21	3.13	5.21	2.19	12.93	4.84	16. 1V	1.00	0.73
22. 11	2. 11	11. 11	13. 11	—	5.46	0.29	9.46	1.82	14.51	9.23	12. 1V	0.98	0.44
3. 11	3. 11	8	11. 11	—	6.35	0.15	10.29	0.78	17.57	8.91	6. 1V	0.92	0.27
13. 1	18. 1	88. 1	1. 1V	—	—	6.94	0.57	0.94	8.45	1.87	21. 1V	1.00	0.98
26. 1	26. 1	26. 1	23. 11	0.87	4.38	2.47	3.38	0.64	8.96	4.12	5. 1V	0.85	0.55
7. 11	7. 11	6	11. 11	—	4.98	0.11	8.70	0.60	14.39	6.93	2. 1V	0.75	0.19
27. 1	65. 1	2. 1V	—	—	—	3.49	0.57	0.86	4.92	1.92	9. 1V	0.96	0.92
16. 11	37. 11	25. 11	13. 11	0.46	0.57	5.76	1.36	1.54	10.13	1.24	5. 1V	0.90	0.83
2. 11	11. 11	13. 11	13. 11	0.46	0.83	0.65	8.38	1.94	12.25	9.18	3. 1V	0.90	0.33
2. 11	9	11. 11	11. 11	0.10	0.42	1.08	9.46	1.96	13.07	10.54	3. 1V	0.90	0.31
2. 11	9	11. 11	11. 11	0.23	0.23	—	9.29	2.00	11.62	10.25	2. 1V	0.88	0.27
2. 11	9	11. 11	11. 11	0.33	0.33	—	7.40	1.83	9.89	8.42	29. 11	0.85	0.27
13. 11	40. 11	26. 11	19. 11	0.38	0.81	1.42	1.88	1.31	5.80	2.71	27. 11	0.88	0.60
25. 11	17. 11	14. 11	14. 11	0.46	1.40	0.71	3.06	1.77	7.40	4.61	26. 11	0.81	0.44
2. 11	6	8. 11	8. 11	0.56	1.67	0.13	4.92	1.54	8.82	6.77	24. 11	0.75	0.27
2. 11	5	7. 11	7. 11	0.35	1.08	—	6.58	1.40	9.41	5.77	22. 11	0.71	0.23
2. 11	5	7. 11	7. 11	0.25	1.10	—	6.54	1.06	8.95	4.48	20. 11	0.65	0.19
1. 11	60. 11	2. 1V	2. 1V	0.67	0.10	3.54	3.98	1.08	9.37	2.85	14. 1V	1.00	0.90
22. 11	25. 11	19. 11	16. 11	1.31	1.10	1.17	2.31	2.29	8.18	3.79	31. 11	0.96	0.60
25. 11	19. 11	16. 11	16. 11	0.60	0.94	0.55	2.74	2.17	7.00	4.15	27. 11	0.85	0.42
1. 11	11	12. 11	6. 11	0.69	1.31	1.04	3.10	1.92	8.06	5.81	25. 11	0.79	0.31
27. 11	7	3. 11	3. 11	0.93	0.89	0.25	5.05	1.36	4.96	5.77	18. 11	0.60	0.19
1. 11	2	3. 11	3. 11	0.02	1.18	—	6.05	1.46	8.71	5.35	16. 11	0.58	0.19
31. X11	100	10. 1V	10. 1V	0.18	—	4.76	0.53	0.53	6.00	0.12	16. 1V	1.00	1.00
11. 1	92. 1	13. 1V	13. 1V	0.06	—	2.65	1.59	0.65	4.95	1.41	19. 1V	1.00	1.00
14. 1	86	10. 1V	10. 1V	—	—	2.18	1.65	1.47	5.30	1.88	17. 1V	1.00	0.98
12. 1	83	5. 1V	5. 1V	0.19	0.12	—	3.29	3.58	9.25	1.21	16. 1V	1.00	0.96

N:o	Paikka — Place	A	1 <sub>a</sub>	1 <sub>b</sub>	3—6	2	4	8	7	1—8	9
120.	Orhisaari / Orisgrund	11. I	7.17	0.50	2.71	1.25	—	—	—	11.63	4.60
121.	Löviskär	13. I	6.90	0.83	1.69	1.27	—	—	—	10.69	5.71
122.	Grisselborg	19. I	6.08	0.46	1.29	0.98	0.33	0.15	0.33	9.62	6.73
123.	Snökubben	3. II	4.54	0.46	0.88	2.02	0.21	0.67	0.31	9.09	3.48
124.	Kniviskär	8. II	4.52	1.00	1.48	2.65	0.19	0.23	0.08	10.15	5.13
125.	Utö	8. II	4.19	0.83	1.38	2.83	0.19	0.31	0.23	9.96	6.92
126.	Svartbådan	11. II	4.35	0.79	1.58	0.71	0.21	0.63	1.49	9.76	7.38
127.	Utö, 5' → S	14. II	3.77	0.17	2.63	0.23	0.10	1.63	1.45	9.98	6.73
128.	Utö, 10' → S	15. II	3.52	0.15	3.56	0.02	0.04	2.15	0.67	10.11	7.10
129.	Bogskär	22. II	1.35	0.15	5.25	—	—	1.75	0.33	8.83	4.13
130.	Bogskär, S-puoli — S-side	25. II	1.02	0.13	5.29	—	—	1.00	0.21	7.65	2.94
<b>Kihti / Skiftet</b>											
131.	Smörggrund	16. I	7.75	0.50	0.63	0.40	0.02	—	—	9.30	5.29
132.	Rödsjär	23. I	5.63	1.08	1.21	0.54	0.21	0.27	0.06	9.00	6.85
133.	Kihti / Skiftet	28. I	5.35	0.67	1.92	0.48	0.02	0.13	—	8.57	6.38
134.	Bogskär (Kihti / Skiftet)	30. I	5.27	0.58	1.52	0.48	0.04	0.25	—	8.14	4.69
135.	Enskär	28. I	6.42	0.77	1.27	0.17	0.08	—	0.17	8.88	8.48
<b>Hanko / Hangö</b>											
136.	Satama — harbour	13. I	9.15	2.79	1.36	3.55	0.30	—	0.06	17.21	8.28
137.	Gustafsvärn	18. I	7.21	2.02	1.13	2.66	0.68	0.40	0.73	14.83	8.43
138.	Tistron	20. I	6.98	1.89	1.77	2.49	0.89	0.30	0.26	14.58	8.11
139.	Russarö	24. I	6.66	2.00	2.15	2.79	0.15	0.94	0.28	14.97	8.66
140.	Lilla Tärnskär	29. I	5.98	1.45	2.72	2.13	0.06	0.98	2.51	15.83	8.68
141.	Russarö, 5' → S	3. II	5.66	0.94	7.17	0.15	—	3.98	0.90	18.80	8.06
142.	Russarö, 10' → S	6. II	4.51	0.49	8.40	0.15	2.96	—	0.38	16.89	7.79
<b>Morgonlandin väylä — fairway</b>											
143.	Morgonland	28. I	5.63	2.25	3.13	1.96	0.29	0.92	2.08	16.26	7.60
144.	Bengtskär	30. I	5.71	1.75	4.06	1.96	0.10	1.44	3.44	18.46	8.25
<b>Hiittisten väylä / Hitis</b>											
145.	Hangon Länsiselkä / Hangö Wästfjärd	10. I	9.13	1.13	1.72	2.11	0.02	0.06	0.25	14.42	5.28
146.	Gullkrona	15. I	6.88	1.15	0.27	1.42	—	0.15	—	9.87	5.21
<b>Jussarön väylä — fairway</b>											
	Busö	27. XII	8.68	1.17	0.47	1.40	—	—	—	11.72	7.30
	Jussarö	13. I	7.21	2.15	0.83	2.72	0.40	0.09	1.28	14.68	9.19
	Sundharu	21. I	5.87	1.98	2.74	1.47	0.55	1.26	2.28	16.15	9.09
	Sundharu, 5' → S	29. I	6.70	0.91	7.98	—	—	3.98	1.98	21.55	10.02
	Sundharu, 10' → S	2. II	5.57	0.49	9.53	0.06	—	4.55	0.80	21.00	8.30
<b>Inkoo / Ingå</b>											
147.	Barösund	11. XII	12.58	1.00	1.06	1.02	—	—	—	15.66	10.40
148.	Bågaskär	8. I	7.10	1.17	0.83	4.38	0.58	0.44	1.00	15.50	7.00
149.	Svartbådan	18. I	6.54	1.02	3.44	1.58	0.13	1.50	1.25	15.45	9.17
150.	Hästen	19. I	6.38	0.98	3.67	1.75	0.06	1.94	1.75	16.52	8.77
151.	Hästen, 5' → S	27. I	6.06	0.90	10.50	0.08	—	4.00	2.07	23.61	8.48
152.	Hästen, 10' → S	29. I	4.83	0.79	12.58	0.04	—	3.04	1.09	22.37	8.52
<b>Obbnäs</b>											
	Sisäsaaristo — inner skerries	10. XII	12.48	0.84	0.48	1.74	—	—	—	15.54	8.06
	Flatgrund	18. XII	10.68	0.87	1.29	0.94	0.39	—	—	14.17	10.45

B'	5	C'	7	8	2	3-6	1	1-8	9	D	r <sub>A</sub>	r <sub>B</sub>
27. I	74	11. IV	0.42	0.02	1.17	4.38	0.79	6.78	1.67	19. IV	1.00	0.96
29. I	68	7. IV	0.23	—	2.81	3.98	1.02	8.04	1.65	17. IV	1.00	0.96
4. II	63	8. IV	0.17	—	2.42	2.44	0.73	5.76	3.19	17. IV	0.98	0.85
15. II	46	2. IV	1.00	1.17	1.79	2.35	0.67	6.98	1.06	10. IV	0.92	0.75
23. II	28	28. III	0.64	0.79	1.90	1.85	1.08	6.25	4.96	3. IV	0.88	0.63
25. II	23	20. III	0.46	0.60	1.85	2.60	1.83	7.34	6.08	2. IV	0.83	0.52
28. II	13	13. III	0.35	2.00	0.77	2.75	2.48	8.35	6.96	28. III	0.77	0.38
3. III	3	6. III	0.29	3.10	—	4.27	2.90	10.56	9.01	26. III	0.75	0.23
4. III	2	6. III	0.31	3.40	—	5.15	2.09	10.59	6.98	24. III	0.67	0.19
(7. III)	—	(7. III)	—	1.56	—	6.38	0.87	8.81	4.19	20. III	0.56	0.02
(7. III)	—	(7. III)	—	0.83	—	6.71	0.42	7.96	3.73	19. III	0.52	0.02
31. I	67	8. IV	0.33	0.06	1.88	2.92	1.06	6.25	2.42	17. IV	0.98	0.96
8. II	58	7. IV	0.17	0.25	0.58	3.65	1.73	6.38	3.44	17. IV	0.98	0.79
12. II	52	5. IV	0.08	0.19	0.35	4.29	0.77	5.68	3.12	14. IV	0.94	0.75
12. II	52	5. IV	0.17	0.15	0.42	4.40	0.63	5.77	2.21	13. IV	0.90	0.79
7. II	53	1. IV	0.04	0.10	1.69	2.08	0.73	4.64	2.44	8. IV	0.96	0.83
8. II	47	27. III	0.85	0.02	1.26	2.34	3.81	8.28	4.66	9. IV	1.00	0.81
10. II	42	24. III	1.34	0.47	1.72	3.02	2.40	8.95	5.02	7. IV	1.00	0.81
12. II	43	27. III	0.38	0.30	1.17	2.66	1.90	6.41	4.28	6. IV	0.98	0.81
17. II	34	23. III	0.96	1.23	1.49	3.91	1.85	9.44	4.62	6. IV	0.96	0.75
23. II	18	13. III	1.79	2.40	2.98	6.06	2.25	15.48	6.62	4. IV	0.94	0.63
2. III	3	5. III	0.11	4.51	—	10.72	2.45	17.79	9.85	2. IV	0.92	0.23
2. III	3	5. III	0.11	5.43	—	11.23	1.57	18.34	7.72	31. III	0.83	0.19
21. II	25	18. III	1.33	2.13	2.00	6.04	2.23	13.73	4.44	5. IV	0.92	0.65
26. II	13	11. III	2.98	3.08	3.27	6.33	2.31	17.97	6.58	4. IV	0.92	0.48
29. I	72	11. IV	0.66	0.15	1.64	2.55	1.34	6.34	1.40	19. IV	0.98	0.90
30. I	73	13. IV	0.79	—	2.90	1.92	0.69	6.30	1.98	22. IV	0.98	0.92
15. I	86	11. IV	0.30	—	6.00	0.79	0.45	7.54	1.15	20. IV	1.00	1.00
6. II	55	2. IV	1.04	0.40	2.30	2.47	1.06	7.27	2.34	11. IV	1.00	0.94
15. II	32	19. III	1.89	2.66	3.89	3.57	1.51	13.52	5.44	7. IV	1.00	0.67
2. III	6	8. III	0.19	3.70	—	10.87	2.11	16.87	11.68	6. IV	0.94	0.33
3. III	5	8. III	0.06	3.51	0.02	14.40	1.32	19.31	7.07	3. IV	0.85	0.31
6. I	97	13. IV	0.17	—	7.54	1.46	0.16	9.33	1.38	24. IV	1.00	1.00
31. I	64	5. IV	1.81	0.60	4.90	1.79	0.56	9.66	2.13	16. IV	1.00	0.94
12. II	39	23. III	1.52	1.94	3.77	4.04	1.89	13.16	5.45	10. IV	1.00	0.83
14. II	34	20. III	2.42	1.96	4.08	4.52	1.48	14.45	6.02	9. IV	1.00	0.67
28. II	7	7. III	—	4.90	—	12.58	2.86	20.34	10.67	7. IV	0.98	0.38
1. III	6	7. III	—	5.13	—	15.96	1.70	22.79	6.63	5. IV	0.92	0.35
2. I	104	16. IV	—	—	3.77	0.65	0.96	5.38	1.13	23. IV	1.00	1.00
11. I	92	14. IV	0.32	—	3.48	0.90	0.87	5.57	2.52	22. IV	1.00	1.00

N:o	Paikka — Place	A	1 <sub>a</sub>	1 <sub>b</sub>	3—6	2	4	8	7	1—8	9
	Ytter Ågrund .....	27. XII	7.81	1.42	0.68	3.35	0.35	0.23	0.19	14.03	10.55
	Gråkubbar .....	9. I	7.32	2.06	2.87	1.35	0.71	0.39	0.74	15.44	11.26
	Rönnskär .....	9. I	7.81	1.45	1.97	3.48	0.39	0.19	—	15.29	9.23
	Mäkiluoto / Mae										
	Elliot .....	17. I	6.61	1.48	2.26	3.58	0.29	0.58	2.03	16.83	7.71
	Porkkala, Kallbådan .....	25. I	6.39	1.65	4.65	0.87	0.03	2.26	2.36	18.21	6.45
	Porkkala, 5' → S ..	27. I	5.61	1.00	8.77	—	—	4.39	1.39	21.16	7.63
	<b>Helsinki / Helsingfors</b>										
153.	Satamat — harbours	22. XII	9.81	2.83	2.63	1.88	—	—	—	17.15	7.75
154.	Suomenlinna / Svea- borg .....	5. I	7.02	2.23	0.98	3.19	1.42	0.31	0.37	15.52	5.23
155.	Harmaja / Gråhara ..	10. I	7.69	2.17	2.19	2.15	0.62	0.71	2.04	17.57	9.29
156.	Gråskärsbådan .....	17. I	6.87	1.06	4.17	2.06	0.17	3.37	5.71	23.41	9.69
157.	Helsinginmatala / Årangsgrund .....	24. I	5.90	0.67	9.40	0.19	—	4.42	2.02	22.60	7.37
158.	Helsinginmatala, 5' → SW .....	28. I	4.79	0.46	10.98	0.08	—	3.17	1.02	20.50	6.56
159.	Helsinginmatala, 10' → SW .....	29. I	4.35	0.50	11.21	—	—	2.29	0.94	19.29	7.21
	<b>Pellingin väylä — fairway .....</b>										
	Sisäsaaristo — inner skerries .....	15. XII	9.45	0.70	0.51	0.23	—	—	—	8.90	6.32
	Äggskär .....	26. XII	8.34	1.43	0.74	3.17	0.43	0.34	0.22	16.67	11.15
	Glosholm .....	5. I	7.98	1.13	1.43	3.55	0.53	0.83	0.80	16.25	8.23
	Örskär .....	8. I	7.72	1.77	2.21	2.04	0.23	0.55	1.27	15.79	10.72
	Söderskär .....	14. I	6.30	1.45	3.19	5.66	0.04	0.47	3.49	20.60	7.49
	Söderskär, 5' → S ..	19. I	7.89	0.79	9.45	0.45	—	4.79	1.64	25.01	9.66
	Kalbådagrund .....	21. I	5.96	0.62	11.28	0.11	—	5.68	0.83	24.48	8.55
	<b>Loviisa / Lovisa</b>										
160.	Valko / Walkom ....	7. XII	10.15	0.37	0.77	0.15	—	—	—	11.44	7.65
161.	Svartholm .....	19. XII	8.65	0.33	0.44	0.56	0.06	0.02	—	10.06	4.21
162.	Täktaren .....	27. XII	9.08	1.06	1.00	2.58	0.65	0.38	0.15	14.90	8.27
163.	Skarven .....	2. I	8.79	0.83	2.75	2.31	0.25	0.33	0.52	15.78	8.42
164.	Ilamnskär .....	11. I	7.19	0.92	4.31	0.94	0.29	1.33	2.42	17.40	9.04
	<b>Kotka</b>										
165.	Satamat — harbours	10. XII	12.10	3.35	2.90	1.48	—	—	—	19.83	8.67
166.	Viikari .....	29. XII	8.12	1.46	0.85	1.90	0.46	0.73	0.87	14.39	7.23
167.	Kaunissaari .....	3. I	7.40	1.50	2.04	2.44	0.81	0.67	0.56	15.42	6.29
168.	Boistö .....	1. I	8.56	1.25	1.44	2.46	0.58	0.50	0.75	15.54	6.77
169.	Orregrund .....	7. I	8.04	1.19	2.23	4.04	0.35	0.90	0.96	17.71	7.77
170.	Tiiskeri / Digskär ..	16. I	7.62	0.67	7.21	1.29	0.04	2.58	2.12	21.53	9.06
171.	Tiiskeri, 5' → S ..	20. I	6.08	0.44	12.85	0.25	—	3.37	1.48	24.47	8.19
172.	Tiiskeri, 10' → S ..	23. I	4.94	0.40	13.79	0.15	—	3.04	1.04	23.36	7.58
	<b>Hamina / Fredriks- hamn</b>										
173.	Sisäsatama — inner harbour .....	26. XI	12.19	2.42	1.40	0.46	—	—	—	16.47	9.04
174.	Hillo, Lakulahti ....	12. XII	9.33	1.27	0.67	0.23	—	—	—	11.50	4.15
175.	Suur Musta .....	27. XII	7.35	0.56	0.42	3.35	0.12	0.02	—	11.82	4.29
176.	Haapasaari / Aspö ..	7. I	5.98	0.85	2.48	6.98	0.17	0.48	2.50	19.44	4.31
177.	Haapasaari, 5' → S	11. I	6.42	0.85	10.08	1.37	0.15	4.29	3.23	26.39	8.35
178.	Haapasaari, 10' → S	14. I	4.62	0.65	13.04	1.08	0.06	3.67	2.42	25.54	7.71
	Suursaari / Hogland	15. I	4.33	0.92	14.29	0.96	—	2.69	2.46	25.65	8.10

B'	5	C'	7	8	2	3—6	1	1—8	9	D	r <sub>A</sub>	r <sub>B</sub>
20. I	79	9. IV	0.84	0.06	4.42	1.32	0.61	7.25	3.19	19. IV	1.00	1.00
4. II	56	1. IV	0.45	0.16	1.03	3.23	1.19	6.06	4.29	12. IV	1.00	0.90
2. II	57	31. III	0.94	0.10	4.29	3.19	1.16	9.68	3.35	13. IV	1.00	0.88
11. II	45	28. III	0.77	0.45	3.48	4.32	0.80	9.82	3.55	10. IV	1.00	0.83
18. II	16	6. III	3.29	4.94	3.94	7.71	1.97	21.85	9.39	7. IV	1.00	0.60
25. II	5	2. III	0.06	7.61	0.06	12.61	2.55	22.89	9.68	4. IV	0.96	0.42
16. I	82	8. IV	0.50	—	4.96	2.79	1.10	9.35	1.73	19. IV	1.00	1.00
26. I	73	9. IV	0.79	0.10	2.31	2.19	0.50	5.89	2.94	18. IV	1.00	0.96
6. II	57	4. IV	0.50	0.77	1.19	2.11	3.35	7.92	4.69	16. IV	1.00	0.88
19. II	32	23. III	1.42	3.60	3.19	4.00	1.88	14.09	6.71	13. IV	1.00	0.77
23. II	17	12. III	1.19	6.50	0.06	12.63	2.08	22.46	6.71	10. IV	0.98	0.56
24. II	14	10. III	0.15	7.04	—	15.90	1.08	24.17	4.33	8. IV	0.96	0.44
25. II	13	10. III	0.15	6.54	—	16.77	0.91	24.37	3.69	7. IV	0.90	0.44
1. I	108	19. IV	0.43	—	4.02	0.43	0.93	5.81	0.83	26. IV	1.00	1.00
25. I	83	14. IV	0.57	0.02	2.02	1.43	1.02	5.06	3.94	23. IV	1.00	0.98
30. I	71	11. IV	0.57	0.64	2.47	1.70	1.11	6.49	4.83	22. IV	1.00	0.96
3. II	65	9. IV	0.17	0.51	1.02	2.60	1.72	6.02	5.30	20. IV	1.00	0.94
11. II	45	28. III	3.68	1.94	5.11	3.28	1.21	15.22	3.49	16. IV	1.00	0.88
23. II	18	13. III	0.11	5.98	0.13	14.26	2.49	22.97	9.10	14. IV	1.00	0.63
23. II	17	12. III	0.04	7.02	—	16.32	1.64	25.02	6.77	13. IV	0.98	0.60
26. XII	120	25. IV	—	—	3.17	1.53	0.02	4.32	0.13	30. IV	1.00	1.00
2. I	111	23. IV	0.21	—	3.75	1.06	0.12	5.14	0.25	28. IV	1.00	1.00
19. I	89	18. IV	0.50	0.46	1.67	2.35	1.04	6.04	4.22	28. IV	1.00	1.00
26. I	79	15. IV	0.10	0.33	0.27	4.58	1.63	6.91	5.75	28. IV	1.00	0.98
7. II	57	5. IV	—	2.00	3.77	5.81	1.37	12.95	6.00	24. IV	1.00	0.92
7. I	100	17. IV	—	—	3.17	2.90	0.83	6.90	0.96	25. IV	1.00	1.00
20. I	88	18. IV	0.58	0.27	1.79	3.23	0.93	6.80	2.52	27. IV	1.00	0.98
24. I	83	17. IV	0.42	0.19	1.02	3.42	1.21	6.26	3.35	27. IV	1.00	0.96
23. I	84	17. IV	0.17	—	1.31	3.42	1.10	6.00	4.35	27. IV	1.00	0.96
2. II	66	9. IV	1.40	1.33	3.83	5.23	0.96	12.75	4.15	26. IV	1.00	0.92
15. II	38	25. III	2.23	2.83	3.06	9.54	1.81	19.47	8.17	22. IV	1.00	0.79
22. II	23	17. III	0.60	3.98	—	17.67	1.94	24.19	8.48	19. IV	0.98	0.60
23. II	22	17. III	0.42	4.62	—	18.56	1.52	25.12	6.75	18. IV	0.98	0.60
22. XII	118	19. IV	—	—	5.00	0.35	0.39	5.74	0.17	25. IV	1.00	1.00
27. XII	119	25. IV	0.04	0.10	2.73	0.96	0.15	3.98	0.29	30. IV	1.00	1.00
12. I	104	26. IV	0.10	1.04	2.04	2.37	0.37	5.92	0.69	3. V	1.00	1.00
31. I	72	13. IV	2.15	2.48	4.54	4.33	1.04	14.54	3.64	1. V	1.00	0.94
15. II	40	27. III	0.19	5.52	—	16.98	1.94	24.63	7.40	28. IV	1.00	0.71
16. II	38	26. III	0.15	5.00	—	20.17	1.50	26.82	4.50	26. IV	1.00	0.71
18. II	31	21. III	1.10	5.31	1.48	20.29	1.81	29.99	5.21	25. IV	1.00	0.67

## C. Jään paksuus ja rakenne.

### 1 Havaintotyön kehittyminen.

Jäänpaksuushavaintoja on tehty muutamilla paikoilla Suomen rannikoilla jo viime vuosisadan lopulta lähtien. Vuonna 1913 järjestettiin Suomen rannikolle säännöllisiä havaintoja suorittavien asemien verkosto, ja 1918 nämä siirtyivät silloin perustetun merentutkimuslaitoksen alaisuuteen. Havaintoasemia tuli noin 70, ja melkein kaikilla näillä määrättiin jään kokonaispaksuus ja jäällä olevan lumen määrä (*Jurva* 1937).

Yksityiskohtaisemman kuvan saamiseksi jään paksuuntumisesta ja sen rakenteesta alettiin vuodesta 1956 lähtien suorittaa lisähavaintoja. Nämä jakaantuivat kahteen osaan, nimittäin toisaalta vedestä muodostuneen rautajään sekä lumesta sen päälle kohvettuneen ns. kohvajään paksuuden mittaamiseen sekä toisaalta jään kerroksellisuuden sekä suolapitoisuuden määrittämiseen (*Palosuo* 1959). Edellisiä havaintoja suoritettiin melkein kaikilla asemilla, joita tällä hetkellä on noin 75, jälkimmäisiä erikoishavaintoja 7:llä asemalla.

Ohjelmaan kuului myös jään kiderakenteen ja lujuuden määrittämistä, mutta nämä havainnot jäivät valitettavasti vähäisiksi. Tulokset näistä tutkimuksista julkaistaan toisessa yhteydessä (*Palosuo* 1961, *Sala* 1959, 1961).

### 2. Jään paksuuden kasvu.

Jään paksuuden mittaamista varten v. 1956 annetuissa ohjeissa sanottiin, että

## C. The thickness and structure of the ice.

### 1. Observations of thickness of the ice.

The thickness of the ice has been measured at a few sites since the last years of the 19th century, and in 1913 a regular observation network was established along the whole of the Finnish coast. This was transferred to the Institute of Marine Research when the Institute was founded in 1918. There were at that time about 70 observation stations, all reporting, in addition to other observations, the total thickness of the ice and the thickness of the snow cover on the ice (*Jurva* 1937).

To obtain a more detailed picture of the processes involved additional observations were started in 1956 (*Palosuo* 1959), to include measurements of the thickness of different ice layers and sampling for the determinations of the structure and salinity of the ice. The former observations were made at all stations, now some 75, and the latter special observations at 7 selected stations.

The program also comprised determinations of crystal structure and mechanical strength, but the measurements are few and the results have been published elsewhere (*Palosuo* 1961, *Sala* 1959, 1961).

### 2. Growth of sea ice.

Instructions to the observation stations requested observers to measure, whenever

mittauspaikka oli vuodesta toiseen pysytettävä samana edellyttäen, että muodostunut jää oli tasaista. Jos kuitenkin jonakin syksynä paikalle oli tullut sohjoa tai lauttoja, jotka jäätyivät epätasaiseksi kentäksi, haettiin lähistöltä sopiva mittauspaikka. Tämän yhdessä pisteessä suoritettua mittauksen lisäksi saattoivat useat, varsinkin koukkukalastusta harjoittavat havaittajat, määrätä jäänpaksuuden monessa muussakin paikassa. Nämä havainnot osoittivat hyvin paikalliset jäänpaksuuden vaihtelut.

Jään paksuus mitattiin kerran viikossa, tavallisesti perjantaisin. Alkutilvestä jään ollessa vielä ohutta mittauksia suoritettiin useamminkin. Jokaisella kerralla mitattiin myös jäällä olevan lumen paksuus ja samalla havaittiin sen mahdollinen epätasaisuus. Lumen tiheyttä sensijaan ei yleensä mitattu, vaan tyydyttiin merkitsemään huomautus sen kovuudesta. Ilman lämpötilan mittauksia suoritettiin vain harvoilla jäähavaintoasemilla. Sentähden oheisissa tarkasteluissa on jouduttu turvautumaan lähimpien ilmatieteellisten havaintoasemien arvoihin.

Tarkastelujen aluksi piirrettiin jäänpaksuuksia ja pakkasummia osoittavat käyrät (kuvio 16), jolloin pakkasummalla tarkoitetaan kuten aikaisemmin on mainittu päivälämpötilojen summaa  $0^{\circ}$ -isotermiin ajankohdasta alkaen. Tällöin ihneni, että eri talvilta saatujen arvojen suuret erot johtuivat lähinnä lumipeitteen paksuuden vaihteluista. Sensijaan pakkasaaltojen kovuuden ja keston eroavuudet näyttivät aiheuttavan vain suhteellisen pieniä jään paksuuskasvun vaihteluita.

Piirretyistä käyristä määrättiin sitten kutakin 5 cm:n paksuuskasvua vastaava pakkasumma. Nämä luokiteltiin lumen paksuuden mukaan ryhmiin, ja kussakin ryhmässä laskettiin keskiarvo (vert. *Dorsey* 1940, *Weeks* ja *Lee* 1958, *Bilello* 1961). Siten saatiin esim. Barösundissa 30 talven havainnoista kuviossa 17 esitetty jään paksuuden kasvun riippuvuus (Helsingin) pakkasummista ja jäällä olleen lumipeitteen paksuudesta. Käyrä on tasoitettu.

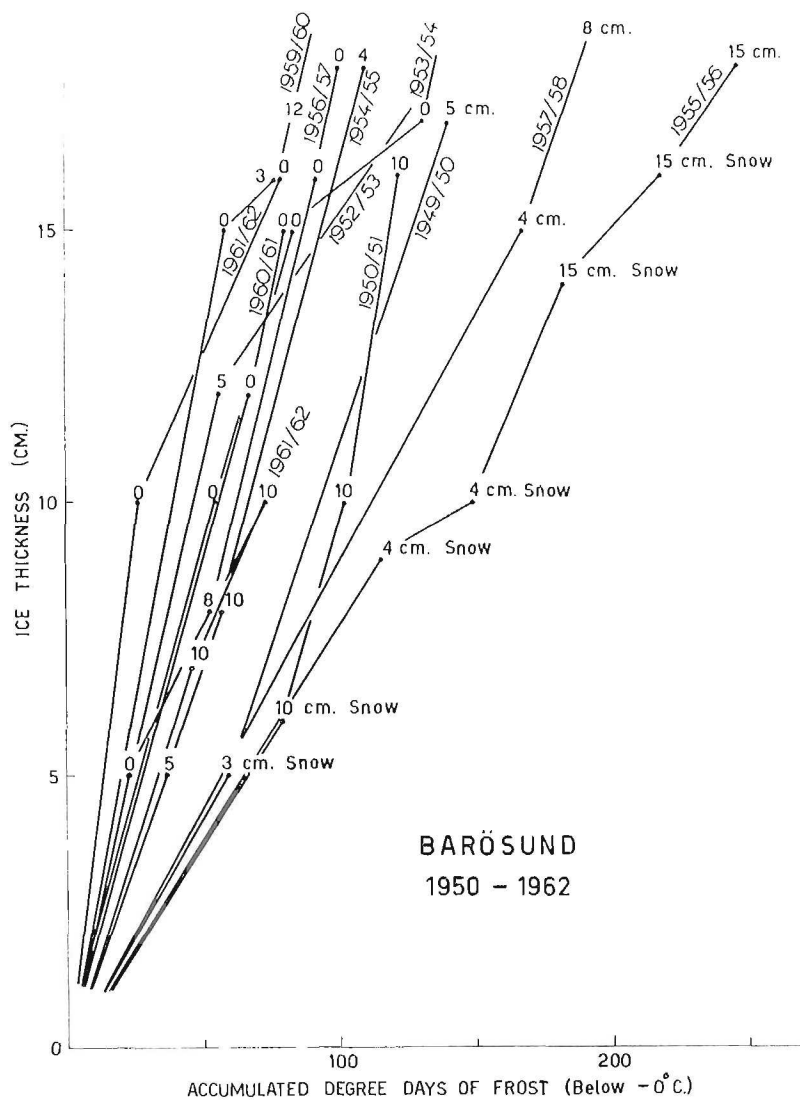
possible, the thickness of ice at the same place every year and to choose a place where level ice usually formed. Only when the ice in the chosen place formed an uneven cover of sludge or floes should another similar place in the vicinity be selected for the year. The thickness of the ice at other sites near the observation stations was also frequently reported, since many observers were wont to fish. Such measurements were performed only haphazardly and as a result they usually revealed only local variations.

The thickness of the ice was measured once a week — sometimes more often — in early winter when the ice was thin. The thickness of the snow cover was measured at the same time and a comment was made stating whether the snow was even or in drifts. The density of the snow was not measured, but its hardness was noted. The air temperature was taken only at a few places; for other stations the temperature at the nearest meteorological station has been used.

In drawing accumulative curves of ice thickness versus degree days of frost which means, as mentioned before, the sum of daily mean temperatures counted from the zero isotherm on, (Fig. 16) it was observed that the large differences in ice thickness found for different years were caused by the difference in snow cover, whereas differences in severity and tenacity of frost led to only minor differences.

For every increment of 5 cm in the thickness of the ice the corresponding frost sum was taken from the curve and the thickness of the snow measured at the corresponding time was noted. When a sufficient number of values had been obtained in each group the mean was taken and the resulting curves smoothed. (*Dorsey* 1940, *Weeks* and *Lee* 1958, *Bilello* 1961). The final smoothed curve for Barösund is shown in Fig. 17. This method



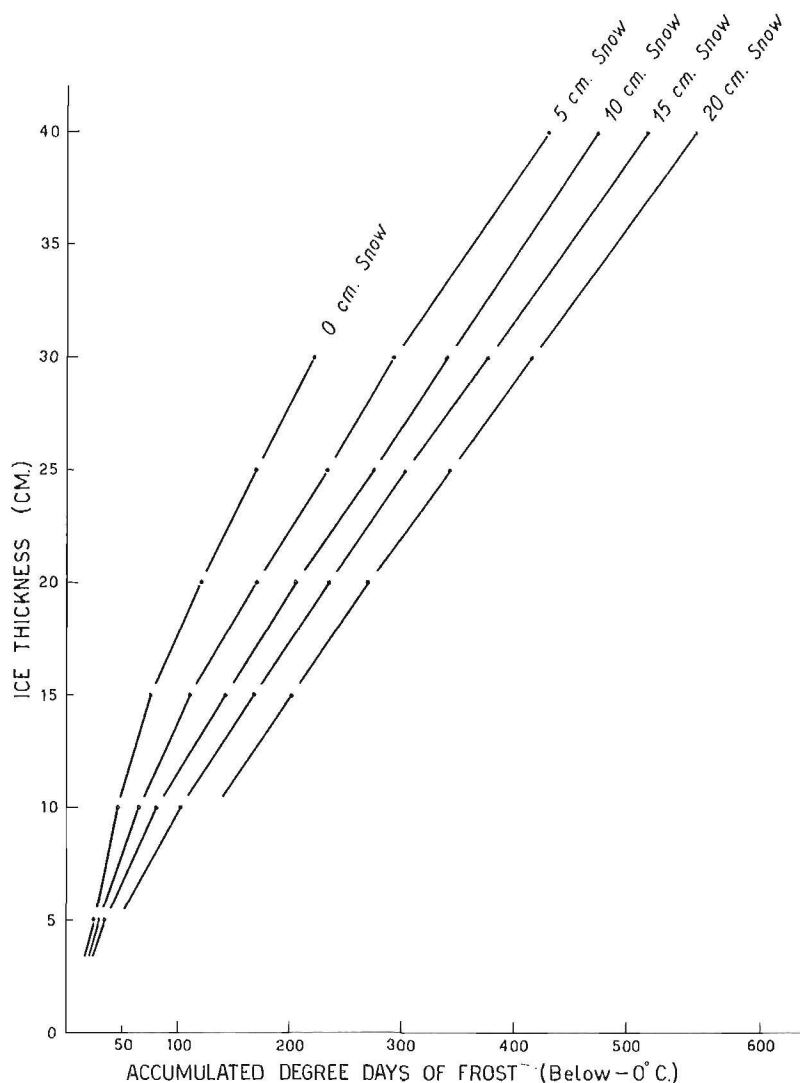


Kuva 16. Jään paksuntuminen ja lumipeitteen määrä Barösundissa talvina 1946–56 sekä vastaavat pakkassummat laskettuna Helsingin ilman lämpötila-arvoista.

Fig. 16. The increase in thickness of the fast-ice and the snow cover at Barösund as well as the corresponding frost sums (at Helsinki) for the winters 1946-1956.

Kuviossa ei ole käsitelty 50 cm:ä paksumpia arvoja, koska tällaisia jään paksuuksia esiintyy yleensä vasta talven myöhäisessä

has not been used for ice thicker than 50 cms because thicker ice occurs so late in winter that the snow cover has by that



Kuva 17. Jään paksuuntumisen riippuvuus jäällä olleesta lumipeitteestä ja päivittäisten ilman lämpötila-arvojen »pakkassummasta» laskettuna kuviossa 16 esitettyjen Barösundissa suoritettujen mittausten mukaan.  
*Fig. 17. The interdependence of the increase in thickness of the ice on the one hand and the thickness of the snow cover and the daily »frost sum» on the other as obtained from the Barösund measurements in Fig. 16.*

kehitysvaiheessa, ja tällöin on lumipeitteessä saattanut tapahtua kovettumista tai siitä on muodostunut kohvajäätä, jota käsitellään seuraavassa luvussa.

time consolidated or hardened to »white-ice» and, partially at least, lost its original properties. (See the following chapter.)

Muilla havaintoasemilta lasketut pakkassummat ovat yleensä samansuuruisia kuin Barösundissa. Kuitenkin pohjoisilla asemilla kuten Kemin Ajoksessa saadaan pakkassummiksi vähän suurempia arvoja. Tämä johtunee lähinnä siitä, että pohjoiset merialueet jäätyvät aikaisemmin, mutta pakkaset saattavat olla alussa heikkoja pitkiäkin aikoja jään sanottavasti paksuuntumatta. Tämä aiheuttaa kuitenkin pakkassummien suhteettoman kasvun. Eteläisillä merialueilla sensijaan paksuja jäitä tavataan vain kovina talvina, jolloin pakkanen pysyy kauan kireänä, ja jään paksuuntuminen on suhteellisen nopeata.

### 3. Kohvajään määrä.

Kohvajään mittaamisessa käytettiin erikoista pniista mittatikkuu, joka oli valkeaksi maalattu ja jossa oli senttimetrijaotus 0—100. Kun alkutalvesta havaintopaikka peittyi jäähän ja jää paksuuntui sen verran, että se kesti kävellä, asetettiin mittatikku paikoilleen seuraavasti. Lähelle sitä paikkaa, missä jään kokonaispaksuus mitattiin, porattiin jäähän pieni reikä, johon mittatikku pantiin pystyyn niin, että sen 0-kohta tuli jään yläpinnan kohdalle, ja annettiin tikun jäätyä kiinni. Jotta kohvajään mittausta olisi voitu jatkaa keväällä mahdollisimman kauan, laitettiin sittemmin mittatiku alapäähän poikkipuu tai levy. Tällaisen mittatiku paikalleen pano tapahtui poraamalla tarpeeksi suuri reikä jäähän ja sahaamalla siitä kapea viilto sivulle päin, jota pitkin mittatikku nitettiin paikalleen. Tällainen poikkipuu tai levy piti mittatikkuu paikoillaan keväällä senkin jälkeen, kun sen pystyvarsi oli sulanut irti ja jään ylimmät osat olivat hävinneet.

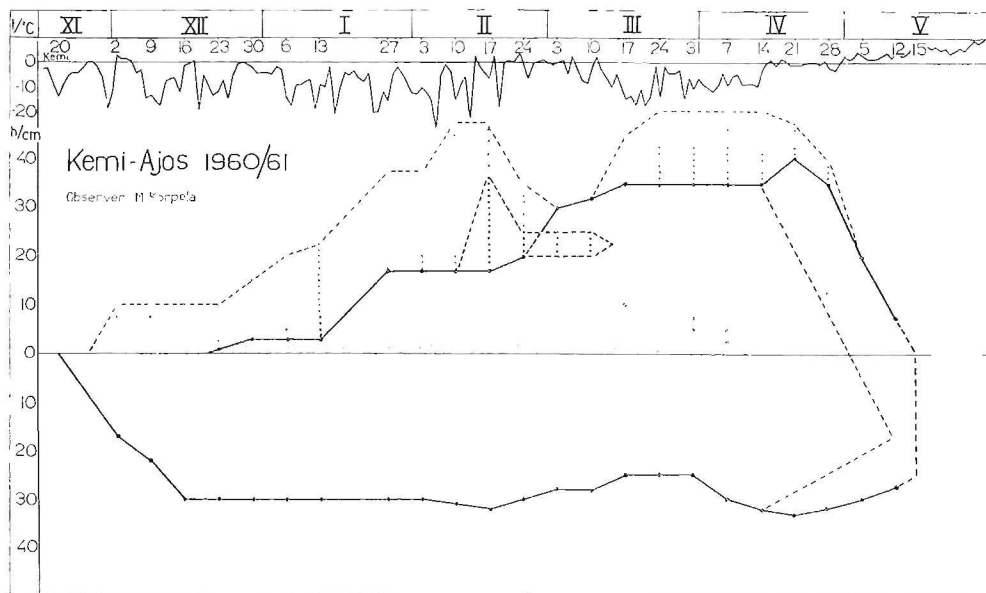
Kohvajään mittaus suoritettiin samanaikaisesti kuin jään kokonaispaksuus määrättiin. Mittatikulta havaittiin paljaan jään yläpinnan lukema tai, jos jäällä oli lunta, lumen yläpinnan lukema. Sen jälkeen määrättiin toisella ohuella, irrallisella mittatikulla lumen paksuus asteikon vierellä. Tällä tavoin saatiin jään yläpinnan lukema asteikolla. Jos se erosi nollasta ilmaisi erotus kohvettuneen jään määrän.

The frost sums derived for the other stations were similar to those for Barösund. The northernmost stations (e.g. Ajos at Kemi) did, however, yield somewhat larger sums, perhaps because freezing occurred at an earlier date, when temperatures just below freezing are more frequent, adding up to a large total without corresponding ice growth. But in the southern sea areas thick ice occurs only during the severe winters, frost remains hard for a long time and the growth of ice is relatively rapid.

### 3. The amount of «white-ice».

The amount of «white-ice», i.e. ice formed of partly thawed snow on the clear ice formed straight from sea water, was measured on a special gauge-stick with a scale about one meter long marked in centimeters. As soon as the winter ice would bear an adult this gauge was set in the ice with the zero mark level with the upper surface of the ice. At the lower end a cross-bar or board gave the gauge rigid support even in late winter when the ice grew rotten and melted away around the gauge-stick proper. For this gauge, too, a level spot in the ice was chosen.

The gauge was read every Friday, sometimes more frequently. The height of the snow cover was first read on the scale, then a thin splinter was pushed down till it met the ice. The difference in readings was the thickness of white-ice.



Kuva 18. Jään paksuuntuminen ja jäällä olevan lumipeitteen määrä Kemlin Ajoksessa talvella 1960/61. 0-kohdan alapuolella oleva jää on suoraan merivedestä muodostunutta »rautajäätä», kun taas 0-kohdan yläpuolella oleva viivotettu osa esittää kohvajäättä. Kuvion yläosassa on ilmanlämpötila Kemlin lentokentällä.

Fig. 18. The thickness of the ice and the snow cover at Kemi Ajos in the winter 1960—61. Negative ordinates represent ice formed by freezing from the surface downward, positive ordinates (hatched areas) »white-ice» formed on the other ice by freezing snow slush. In the upper part of the figure the air temperature of Kemi is given.

Itse jään kokonaispaksuus määrättiin, kuten ennenkin, kairaamalla jäähän mittausreikä ja käyttämällä siinä erikoista koukun muotoista mittapuuta. Jokaista havaintoa varten kairattiin uusi reikä vähintään 2 metrin päähän edellisestä paikasta samoin kuin kohvajääasteikosta. Tarpeetonta lumen tallaamista koetettiin välttää.

Tuloksista esitettäköön ensiksi erittäin leudon talven 1960/61 aikana saatuja arvoja. Kemlin Ajoksessa havaintoalue jäätyi jo marraskuun lopussa (kuvio 18), mutta jää rikkoutui ja ensimmäinen mittatikku ajautui merelle. Pysyvä jää muodostui joulukuun 2 p:nä, mutta uusi mittatikku asetettiin paikoilleen vasta joulukuun puolivälissä. Tällöin suhteellisen kovalla paklasella jään kokonaispaksuus oli ehti-

The total thickness of the ice was determined in the usual manner by boring a hole in the ice at a distance of at least two meters from any previous hole or the gauge. (The snow should not be trodden down in any place to be used for measurements.)

A few examples will now be discussed in detail. First Ajos at Kemi (Fig. 18). The winter 1960/1961 was very mild. Ice had already formed on December 2, but the gauge was not mounted until the middle of December. By that time the ice was 30 cm thick and its history uncertain, but it was probably all black ice formed by the freezing of the sea surface. It snowed shortly after the ice formed, but the snow

nyt kasvaa 30 cm:ksi eikä sen syntytapaa voitu täysin selvittää. Se oli kuitenkin väriltään tummaa ja siten todennäköisesti suoraan merivedestä jäätynyt.

Joulukuun alkupuolella oli jäälle satanut runsaasti lunta, joka joulukuun loppupuolella sattuneiden leutojen kausien aikana jonkinverran sulii. Pakkasen taas kiristytessä kohvettui tämä jääksi, mikä ilmeni mittaustuloksista. Tammikuun lopulla kohvajään määrä oli kasvanut 17 cm:ksi. Helmikuun oli mainittuna vuonna poikkeuksellisen leuto ja siitä seurasi voimakasta sulamista ja jäällä oli runsaasti vettä. Kun kuukauden vaihteessa pakkanen kiristyi, alkoi kohvajäätä muodostua. Maaliskuun 3 pnä oli havaintojen mukaan pinnalla 5 cm:n paksuinen jääkuori ja sen alla 5 cm vettä sekä tämän alla ensin muodostunut jää. Vesikerros esiintyi vielä viikkoa myöhemmin, maaliskuun 10 pnä tehdyssä havainnossa, mutta maaliskuun 17 pnä sen todettiin jähmettyneen kiinteäksi. Kuitenkin havainnontekijä ilmoitti kohvajään olleen laadultaan hauraampaa kuin sen alla olleen rautajään.

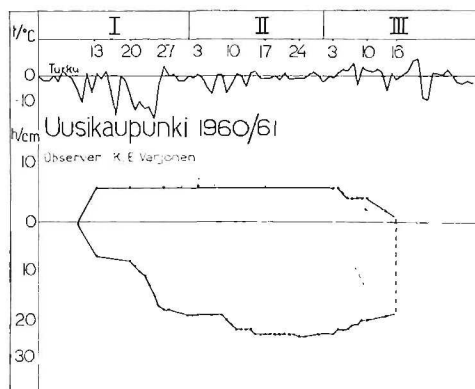
Kohvajään määrä mainittuna talvena 1960/61 Ajoksessa saavutti suurimman arvonsa keväällä huhtikuun 21 pnä. Sen paksuus oli silloin 38 cm. Merivedestä suoraan jäätyneen tumman alaosan paksuus oli samaan aikaan 31 cm, joten kohvajäätä oli yli puolet jään kokonaispaksuudesta. Huomattavaa on, ettei jää alaosassaan kevätpuolella kasvanut paksuutta juuri lainkaan, mikä johtui paksusta lumi- ja kohvajään peitteestä sekä pakkasjaksojen lyhyydestä.

Huhtikuun lopulla jäällä oli runsaasti vettä, joka syövytti nopeasti alla olevaa jäätä. Siten jää haurastui ylhäältä päin ja sulii myös yläosistaan. Jään alapinnassa oli myös havaittavissa jonkinverran haurastumista, mutta kun Ajoksen seuduilla ei ilmeisesti ole sanottavaa vedenvirtausta, ei jään alapinnan kohta mittauksissa sanottavasti muuttunut. Vasta kun jäällä ollut vesi oli tunkeutunut jään läpi ja jää oli muuttunut puikkomaiseksi, tapahtui jääosasten sortuminen, ja jää hävisi nopeasti.

seems at first to have remained unaltered. Later in December this snow melted during some spells when temperatures rose above freezing, and thereafter it froze to white-ice. At the end of January the white-ice was 17 cms thick. February was exceptionally mild and brought some melting. Then the frost returned, and March 3 there was first 5 cms of ice followed by 5 cms of water above the main body of ice. On March 10 the layer of water was still observed, but on March 17 no water was found: the notes merely state that the upper part of the ice was porous.

The greatest thickness of the white-ice at Ajos, 38 cms, was measured on April 21. The thickness of black ice formed straight from sea water was at that time 31 cms. More than half the thickness of the ice cover thus consisted of white-ice. It is evident that the ice did not grow downward very much because of the cover of snow and white-ice and because of the shortness of the periods of intense cold.

At the end of April much melted water formed on the ice, eating away the ice below. The ice rotted downwards and disappeared rapidly. Some rotting upwards from the lower surface was also observed, but currents in the Ajos region are weak and did not eat away the lower parts of the ice. Only when the ice had wholly disintegrated into a mass of icicle-like fragments did it collapse and suddenly disappear.



Kuva 19. Jään paksuus ja jäällä olevan lumipeitteen määrä Uudessakaupungissa talvella 1960/61. Viivotettu osa kohvajäätä.

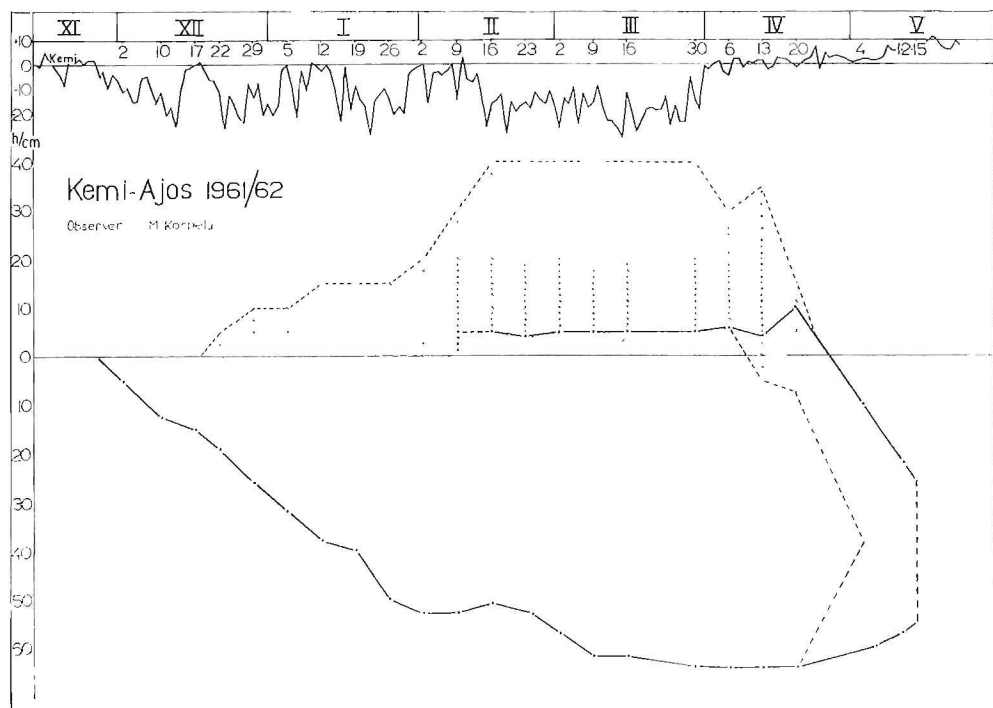
Fig. 19. The thickness of the ice and the snow cover at Uusikaupunki in the winter 1960/61. The hatched areas white-ice.

Etelä-Suomen rannikoilla tämä talvi sensijaan jäi lyhyeksi, ja jäätä muodostui verrattain myöhään. Mikäli ei oteta huomioon jäätyamisen aikaan sattuneita lumisateita, pysyi jää koko talven paljaana. Tällaisissa olosuhteissa ei myöskään kohvajäätä sanottavasti muodostunut. Itse jään kokonaispaksuuskin jäi mainittuna talvena etelässä pieneksi vain 10—14 cm, kun se keskimäärin on 40—50 cm. Tyypillisenä esimerkkinä jäätyamisen yhteydessä sataneen lumen vaikutuksesta esittäköön Uudenkaupungin lahdella sanottuna talvena suoritettut mittaukset (kuvio 19). Tammikuun alussa satoi runsaasti lunta, joka mereen jouduttuaan ei täysin sulanut, vaan kohvettui yhdessä pintaveden kanssa himmeäksi jäämassaksi. Tällaista lumen ja veden sekoitusta ovat eräät tutkijat kutsuneet «lumijääksi» (Blüthgen 1938). Tällaisen jään ominaisuuksiin palaamme selostaessamme erikoishavaintoja jään rakenteesta.

Talvi 1961/62 oli Perämerellä ankara ja sen pakkaskaudet pitkiä. Siten Ajoksessa (kuvio 20) ei alkutalvesta kohvajäätä päässyt muodostumaan. Helmikuun puolivälissä kovat etelän puoleiset myrskyt

Farther south along the coast the mode of formation of white-ice in the winter 1960/61 was similar, although the quantities were smaller. At Uusikaupunki, for example, it snowed heavily when freezing occurred in January 1961, and the drifting snow-slush froze to ice (Fig. 19). This kind of ice has been called «snow-ice» (Blüthgen 1952) and will be mentioned separately in Chapter 4. Apart from this no heavy snow cover or flooding which could give rise to white-ice occurred at Uusikaupunki or ports on the south coast. In the mild winter of 1960/61, the maximum white-ice measurements in the south were some 10 to 14 cms.

The winter 1961/62, on the other hand, was severe and brought long cold spells. No white-ice formed at Ajos to begin with (Fig. 20), but in the middle of February some southerly gales pushed the water in



Kuva 20. Jään paksuus ja jäällä olevan lumipeitteen määrä Kemin Ajoksessa talvella 1961/62. Viitoitettu osa esittää kohvajäätä.

Fig. 20. The thickness of the ice and the snow cover at Kemi Ajos in the winter of 1961—62. The hatched areas white-ice.

aiheuttivat vedenpinnan yleisen kohoamisen Perämeren perukassa ja samalla vettä nousi myös saaristoon ankkuroituneen kiintojään päälle. Tämä jäälle noussut vesi kohvettui sitten jääksi. Kohvajään määrä tänä talvena jäi suhteellisen vähäiseksi; sen maksimiarvo 10 cm mitattiin huhtikuun 20 päivänä. Samalla todettiin vedestä suoraan muodostuneen tumman alaosan paksuudeksi 64 cm.

Huhtikuun puolelle kestäneiden kovien yöpakkasten takia sulamisvaihe alkoi myöhään. Mutta tällöin lämpötila kohosi huomattavasti 0°C yläpuolelle ja pysytteli öisinkin melko korkeana. Tästä seurauksena alkoi raju kevätsulaminen. Jäälle kerääntyi runsaasti vettä, joka syövytti jäätä ja aiheutti sen nopean häviämisen.

the Gulf of Bothnia to the north and the fast-ice was flooded, anchored as it was to shores and shoals. The white-ice formed from this water and snow was not very thick: the maximum, measured on April 20, was only 10 cms, whereas the thickness of the black ice below was 64 cms. Melting started late this winter, and the temperature rose appreciably above zero when spring came. Only a few mild night frosts occurred. Heavy rains helped melting and much water collected on the ice. The ice rotted rapidly and disappeared suddenly after it had formed a mass of icicle-like fragments.

#### 4. Jään suolapitoisuus.

Jään sisäisen rakenteen ja suolapitoisuuden selvittämiseksi alettiin talvella 1956 suorittaa erikoishavaintoja seitsemällä havaintoasemalla pitkin Suomen rannikkoa. Nämä asemat olivat Kuusiluoto, Mäskär, Saggö, Bodö, Porkkala, Helsinki ja Haapasaari. Meriveden suolaisuus kasvaa Suomen vesillä kohti Tanskan salmia. Pohjoisimmassa Kuusiluodon asemalla meriveden suolaisuus oli hyvin pieni, alle 1 ‰. Seuraavalla Mäskärin asemalla, joka myös oli Perämeren piirissä, meriveden suolaisuus oli suhteellisen alhainen 3—4 ‰. Ahvenanmaan pohjoisosassa sijaitsevalla Saggön havaintoasemalla samoinkuin Saaristomerellä sijaitsevaa Bodön havaintoasemalla suolaisuus oli 5—6 ‰. Viimeksimainittu oli eteläisin havaintoasemamme. Muut asemat sijaitsivat Suomenlahden piirissä. Äärimmäisenä idässä ja samalla vähäsuolaisimmalla alueella sijaitsevan Haapasaaren havainnot täytyi valitettavasti hylätä merkintöjen epätarkkuuden takia.

Jäänäytteet näillä asemilla otettiin erikoisilla (SIPRE-mallisilla) sylinteriporilla tai sahaamalla jääpala irti avannon reunasta. Parhaiten kävi tämä poraamalla jähän kaksi reikää noin 30 cm päähän toisistaan ja sahaamalla sitten kahdella lähes yhdensuuntaisella viillolla näiden reikien välinen jääkannas irtonaiseksi. Jääkappale nostettiin ylös ja siihen mahdollisesti tarttuneet merivesi, sahauslastut sekä lumi poistettiin leikkaamalla kappaleen reunoina pienet palat pois.

Kustakin jäänäytteestä piirrettiin profiilikuva, johon merkittiin kaikki silmällä erottuvat erilaiset osat ja niiden välipinnat, jäässä esiintyvien ilmakupien suuruus ja lukuisuus. Sen jälkeen jää paloittelitiin siten, että ensiksi jääkappaleesta leikattiin kapea pystypala ylhäältä alas asti. Jäljelle jäänyt osa jaettiin sitten vaakasuorin leikkauksin pitkin näkyviä rajapintoja. Kukin kappale suljettiin ilmatäiviiseen muoviasiastiaan, ja sulaneet näytteet lähetettiin merentutkimuslaitokseen, missä niiden suolapitoisuus määrättiin titraamalla. Jään tiheysmittaukseen perustu-

#### 4. The salinity of the ice.

For the purpose of making a detailed study of the properties of the ice formed in different locations special sampling was arranged at Kuusiluoto, Mäskär, Saggö, Bodö, Porkkala, Helsinki and Haapasaari. These stations form two series according to increasing salinity of the sea water.

The brackish water of the Baltic ranges from almost fresh to well saline. At the northernmost station, Kuusiluoto, the salinity is less than 1 ‰. At Mäskär, also on the Bay of Bothnia, the salinity is some 3 to 4 ‰, at Saggö in the northern part of the Åland Archipelago it is 5 to 6 ‰, or not much different from that at Bodö in the southern part of the Archipelago Sea, the southernmost station. The other stations form a similar series along the Gulf of Finland, from Haapasaari to Bodö. Regrettably, the last saline station (at Haapasaari) had to be disregarded since the notes were insufficient.

Sampling at these stations was done either with a core auger (SIPRE-model) in a vertical direction, or by drilling two holes about 30 cms apart and sawing out a vertical wedge. The ice samples were cleaned of sea water, chips and tool grease by the cutting or sawing away of the surfaces.

A side view was sketched of each sample, with all visible interfaces and kinds of ice marked. The size and number of bubbles in all parts of the sample were noted. The sample was then cut up in the following manner: a piece was first cut off vertically from the upper surface to the lower surface of the ice; the remainder was cut up along the interfaces. All samples were put into plastic boxes with tightly fitting lids and allowed to melt. The melted water was shipped to the laboratory in Helsinki in salinity bottles and the salinity determined by titration. The density of the ice was



via suolaisuusmääryksiä suoritettiin vain kokeiluluontoisesti Helsingissä otetuista näytteistä.

Vesinäyte otettiin myös merivedestä porareian kohdalta. Jos jäälle oli noussut vettä, otettiin tästä erikseen näyte.

Käyttämämme menetelmä jään suolaisuuden määrittämiseksi osoittautui verrattain yksinkertaiseksi ja näissä olosuhteissa käyttökelpoiseksi, joskin siinä oli eräitä varjopuolia. Kun jääkappale jouduttiin ottamaan joka kerta uudesta paikasta, vähintään kaksi metriä edellisestä reiästä, voi kuten *Uusitalo* (1957) huomauttaa, näinkin pienillä etäisyyksillä jään paksuus vaihdella huomattavasti lähinnä epätasaisesta lumipeitteestä johtuen. Siten eriaikoina syntyneiden erilaisten kerrosten paksuus vaihtelee, eivätkä profiilikuvassa samanikäiset kerrokset satu toistensa kohdalle. Mutta yleensä samaan aikaan syntyneet kerrokset voitiin tuntea niiden ulkonäön ja suolaisuuden perusteella. Lisäksi paloittelu saatettiin suorittaa eri kerroilla hieman eri tavalla. Jos rajapintojen jyrkkyys oli selvä, ei tätä yleensä tapahtunut, mutta jään vanhetessa rajapinnat himmenivät ja niiden erottaminen saattoi joskus olla vaikeata.

Pieni virhe pääsi myös syntymään, kun jääpaloja irti sahattaessa sahauslastuja ei huomioitu. Myös jääkappaletta vedestä nostettaessa ei voitu välttää sitä, että jään alimmista kerroksista juoksevassa tilassa ollut suola pääsi kiteiden välistä pois ja jäähän ilmestyi tyhjiä tiehyitä. Kontrolloitaessa *Uusitalon* (1957) esittämällä menetelmällä tuloksia, ei suuria eroavaisuuksia ilmennyt.

Tässä esitettäköön tuloksia kahdelta eri talvelta. Talvi 1957/58 pohjoisilla merialueilla oli kylmä. Se alkoi verrattain aikaisin ja kovalla pakkasella. Kun lämpötila oli lähes koko talven 0-asteen alapuolella, ei kohvajäättä päässyt sanottavasti muodostumaan.

determined only from the samples taken in Helsinki harbour.

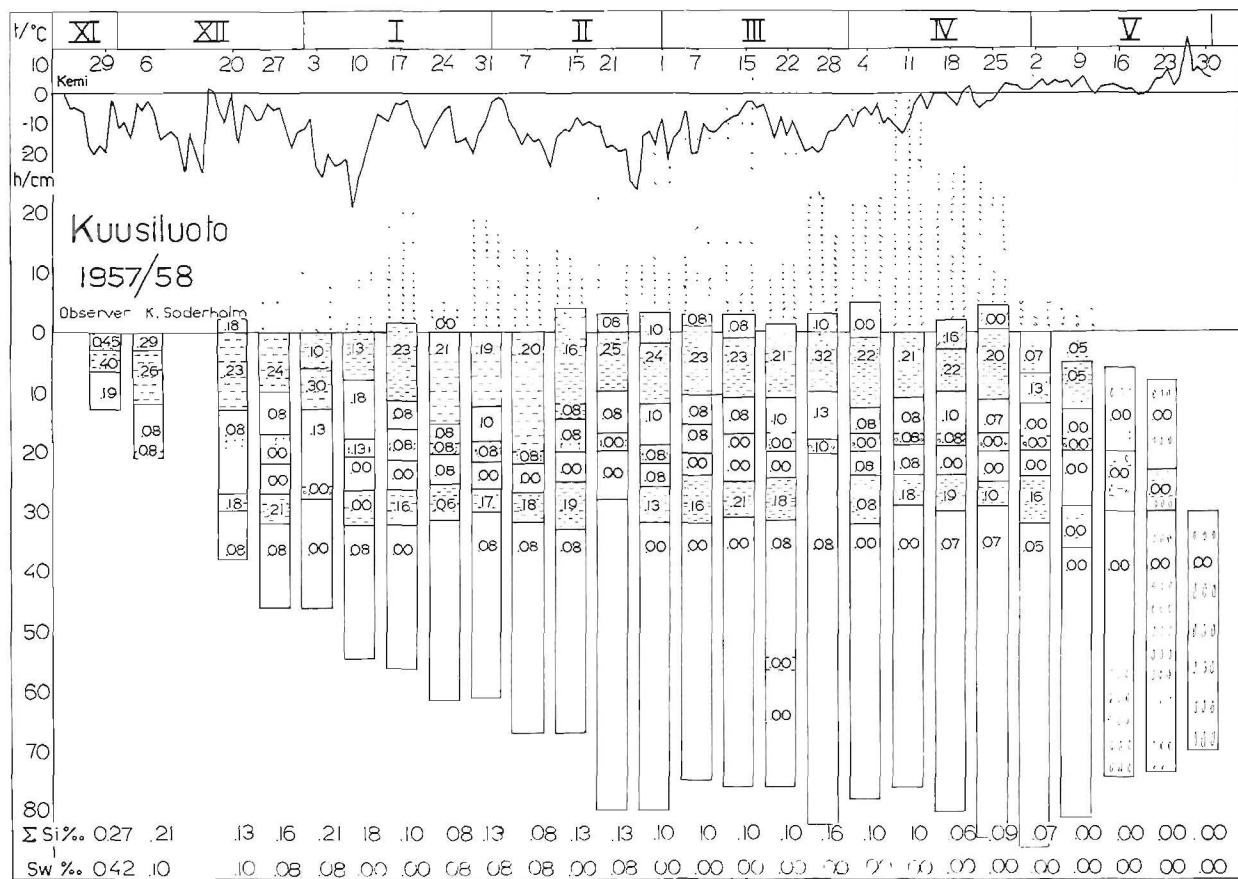
At the same time as the ice sample was taken a sample of the sea water in the hole left was also taken, and of the water flooding the ice, if any.

The sampling method, even though it has some drawbacks, proved sufficiently simple to be performed under all conditions. Since each sample was to be taken at a distance of at least two meters from the former sampling site, its thickness might depend on the site (*Uusitalo* 1957) because of variations in the snow cover. The thickness of the different layers might vary haphazardly when the sketches of consecutive samples were placed in a row, but the different layers could usually be identified by their appearance and salinity and their chronology thus determined. This was easier when the interfaces were clearly visible and the cutting-up of the sample was performed in the same manner every time. When the interfaces were less clear, and they often virtually disappeared as the ice grew older, the identification became more difficult since formerly separated layers were cut off together, or two layers were cut apart in a different manner. Direct contradictions, however, did not often occur.

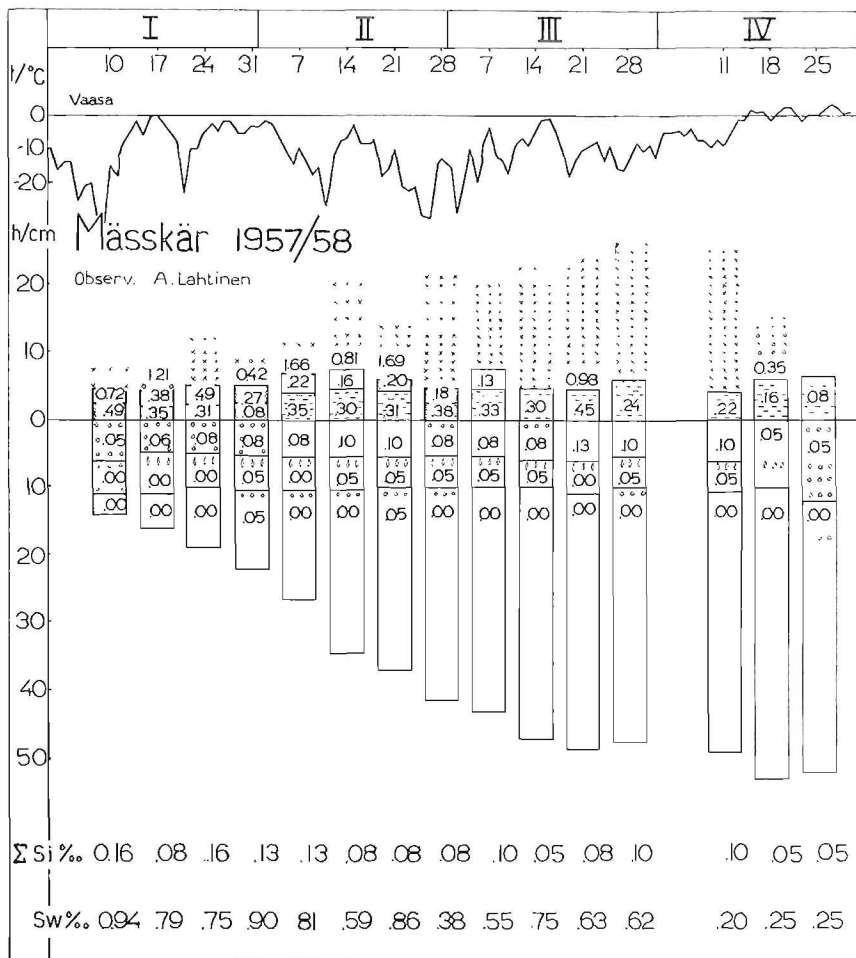
The results of two winters of study will be given below. First the winter 1957/58. This started rather early with low temperatures. In the northern parts the temperature remained below zero almost all winter and thus no appreciable amounts of white ice could form.

Kuusiluodossa (kuva 21) marraskuun lopulla 1957 jäätymisen tapahtuessa satoi runsaasti lunta, joka jäi sulamattomaksi veden pinnalle ja muodosti sohjan. Tällai-

At Kuusiluoto (Fig. 21) much snow fell during the freezing at the end of November. The snow-slush froze to ice with a salinity of 0.45 ‰ or the same as the salinity of



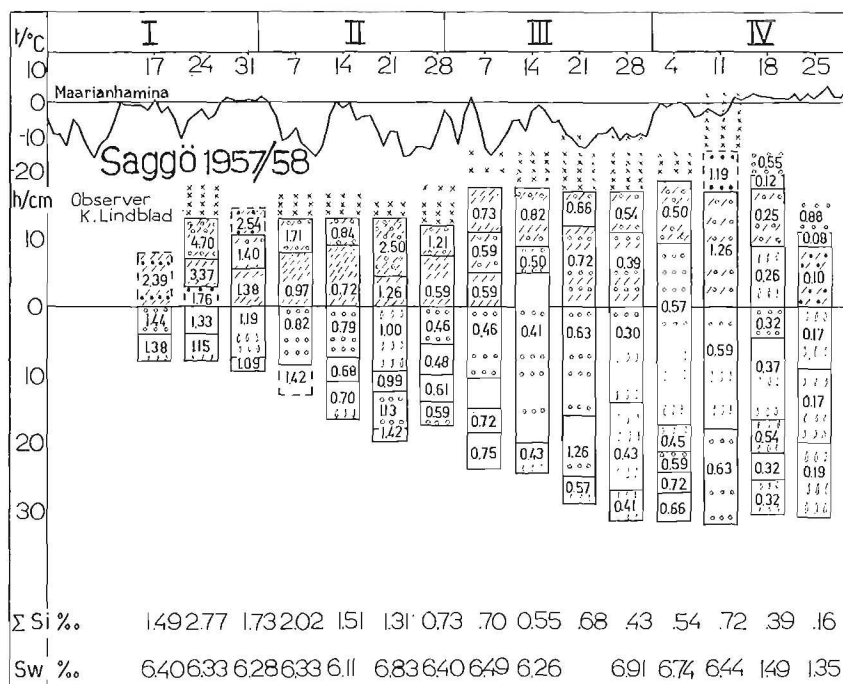
Kuva 21. Kuusiluodossa talvella 1957/58 jäätä otettujen näytteiden ulkonäkö ja suolaisuudet. 0-kohta esittää syksyllä jään yläpintaa, johon mittatikun 0-kohta jäädytettiin kiinni. Kuvan alaosassa jäänäytteen kokonaissuolaisuus ja meriveden suolaisuus.  
Fig. 21. The visual appearance and salinity of the ice samples taken at Kuusiluoto in the winter of 1957/58. The ordinate zero in the position of the upper surface of the first winter ice. In the lower part of the figure the total salinity of the ice sample and the salinity of sea water are given.



Kuva 22. Mässkärissä talvella 1957/58 jäältä otetut näytteet sekä niiden suolaisuudet.  
Fig. 22. The appearance and salinity of the ice samples taken at Mässkär in the winter of 1957/58.

sen lumen ja meriveden seoksesta jäähmettyneen jään suolaisuus oli suhteellisen suuri 0.45 ‰ eli samaa suuruusluokkaa kuin itse merivedenkin. Seuraavien viikkojen havainnoista pintakerroksen suolaisuus oli huomattavasti pienentynyt, mikä on merkkinä siitä, että kiteiden välissä ollut liuosmainen suola, »brine» hitaasti tihkuu alaspäin, (vert. Weeks ja Lee, 1958). Tammi-kuun 17 päivänä oli jään pinnalle nous-

the water. In later samples the salinity of this layer decreased appreciably, showing that the brine passed out of the ice (Weeks and Lee, 1958). When later white-ice formed (January 16) it must have been rather high in salinity, though no separate samples were obtained, for the salinity of the topmost part of the ice rose from 0.13 ‰ to 0.23 ‰. This salinity, too, decreased gradually but that of the lower



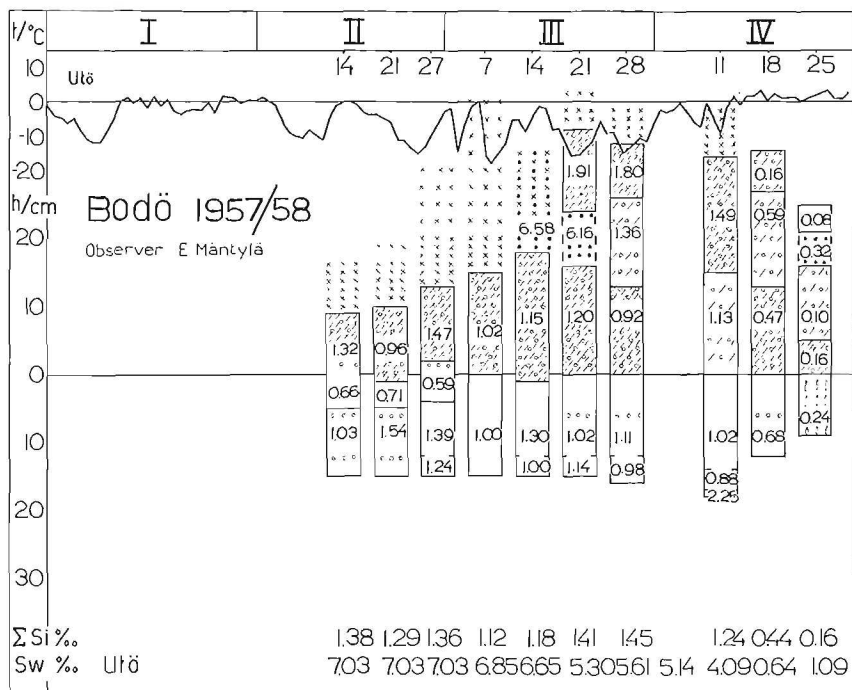
Kuva 23. Saggössä talvella 1957/58 jäätä otetut näytteet sekä niiden suolaisuudet.  
Fig. 23. The appearance and salinity of the ice samples taken at Saggö in the winter of 1957/58.

seesta vedestä muodostunut kohvajääkerros. Itse tästä kohvajäästä ei otettu näytettä, mutta koko ylimmäisen kerroksen suolaisuus oli noussut arvosta 0.13 ‰ arvoon 0.23 ‰, joten kohvakerroksen suolaisuuden täytyi olla suuri. Seuraavissa havainnoissa ylimmän kerroksen suolaisuus hitaasti pieneni, kun taas sen alla olevissa välikerroksissa oli havaittavissa suolaisuuden vähäistä kasvua. Keväällä huhtikuussa hävisi jäästä koko sen suolaisuus.

Mäskärissä (kuva 22) suoritetut mitaukset antoivat samankaltaisia tuloksia kuin Kuusiluodossa. Syksyllä jäätymisen yhteydessä lumesta ja merivedestä muodostuneen sohjomaisen jään suolaisuus oli 0.72 ‰ eli lähes sama kuin itse merivedenkin, joka oli 0.94 ‰. Alemmat merivedestä jäätyneet kerrokset sensijaan olivat aluksi melkein suolattomat. Myöhemmin

ice layers increased somewhat, showing that the brine in the ice passed downward. In spring, at the end of April, almost all the brine had left the ice and salinity was low.

At Mäskär (Fig. 22) the results for the winter 1957/58 were similar to those at Kuusiluoto. The late autumn white-ice was about as saline, i.e. 0.72 ‰, as the sea water, or 0.94 ‰. The lower layers, formed from freezing sea water, were almost salt-free. Later in winter the ice was flooded and the salt water remaining after the formation of white-ice had a salinity (Jan-



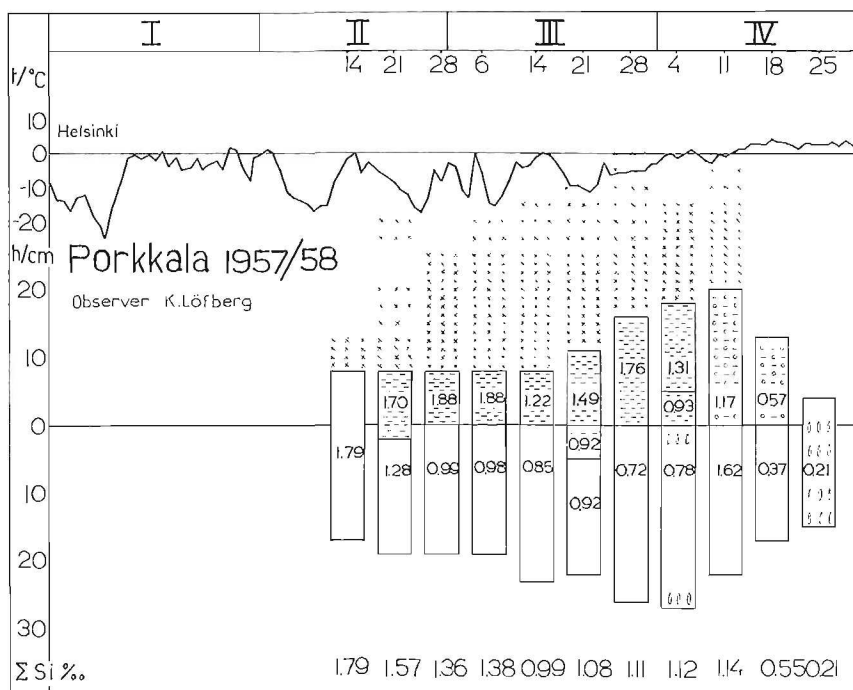
Kuva 24. Bodössä talvella 1957/58 jäätä otetut näytteet sekä niiden suolaisuudet.  
Fig. 24. The appearance and salinity of the ice samples taken at Bodö in the winter of 1957/58.

talvella nousi jälle merivettä, joka alkoi kohvettua, ja koska suola pääasiassa jäi nestefaasiin, tämän suolaisuus kasvoi. Jään pinnalta tammikuun 16 päivänä tällaisesta »nousuvedestä» otetun näytteen suolaisuus 1.21 ‰ oli jo huomattavasti suurempi kuin itse meriveden arvo 0.79 ‰. Myöhemmin pinnalle nousseen veden suolaisuus kasvoi vieläkin suuremmaksi. Tällainen pinnalla ollut hyvin suolainen »brine» alkoi vähitellen tihkua alaspäin, mikä ilmenee ylimpien kerrosten suolaisuuksien pieneneisestä ja välikerrosten suolaisuuden hetkellisestä lisääntymisestä. Myöhemmin keväällä jään vanhetessa ja »ahavoituessa» jään suolaisuus pieneni.

Eteläisillä merialueilla jäätä muodostui vasta tammikuussa. Talven sää oli vaihtelevaa. Jäätymisen yhteydessä täälläkin satoi runsaasti lunta, joka yhdessä meri-

uary 16) of 1.21 ‰, appreciably above the salinity of the sea water proper, which was 0.71 ‰. Later in winter the salinity of the brine rose to still higher values, as more ice separated. The brine started to pass downward through the ice and a peak was observed in the salinities of the ice layers. The general trend was a decrease in salinity.

In the south ice formed considerably later, in January. Much snow fell at the time and snow and water froze to a mass of relatively high salinity. At Saggö (Fig. 23)



Kuva 25. Porkkalassa talvella 1957/58 jäältä otetut näytteet ja niiden suolaisuudet.

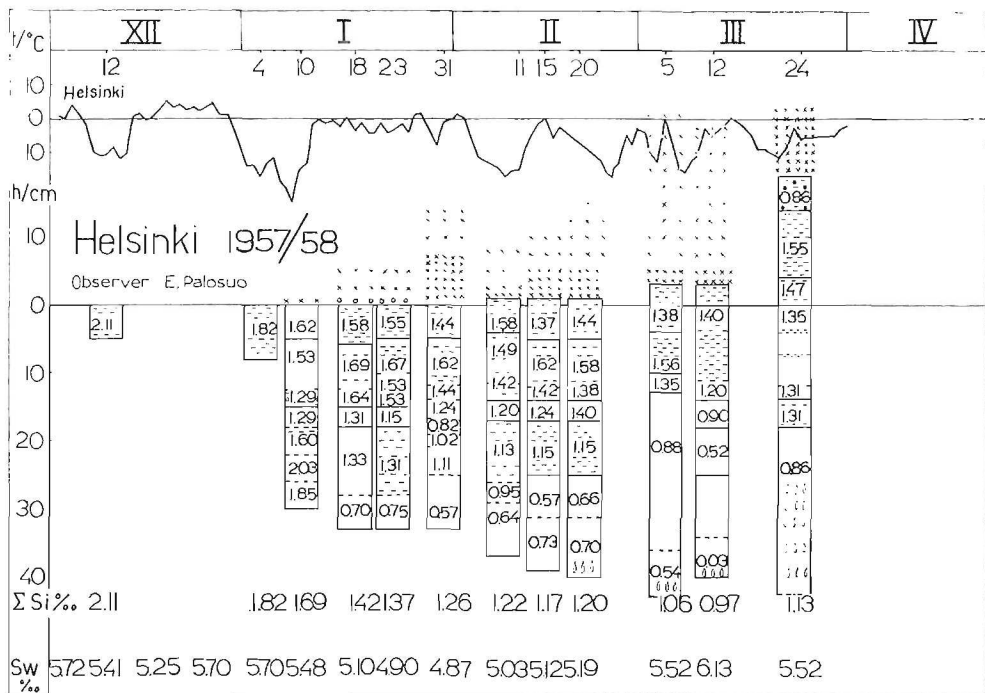
Fig. 25. The appearance and salinity of the ice samples taken at Porkkala in the winter of 1957/58.

veden kanssa jähmettyi kiinteäksi massaksi. Tällaisen kerroksen suolaisuus on yleensä suhteellisen suuri. Saggössä (kuva 23) tammikuun 17 päivänä noin viikon vanhassa jäässä ylimmän kerroksen suolaisuus oli 2.39 ‰ meriveden suolaisuuden ollessa 6.40 ‰. Tammikuun 23 päivän havainto osoitti jälle nousseen vettä ja jähmettyneen jääksi, jonka suolaisuus oli huomattavan suuri, nim. 4.70 ‰, kuten taas meriveden suolaisuus oli 6.33 ‰. Pinta-kerroksista tihkui sitten suolaista liuosta alempien kerrosten läpi kohottaen näiden suolaisuutta hetkellisesti. Kevättä kohden täälläkin suolaisuus väheni. Huhtikuun 19. päivänä jään alla oli ohut makean veden kerros, mikä oli jään sulamisesta peräisin.

Bodön asemalla (kuva 24), jossa meriveden suolaisuus oli lähes sama kuin

the salinity of the top layer of the ice was 2.31 ‰ on January 17, that of the water 6.40 ‰. The ice was then already about one week old. The next sampling was done on January 23 and the ice had in the meantime been flooded. The uppermost layer of white-ice had a salinity of as much as 4.74 ‰, that of the sea water being 6.33 ‰. The only explanation of such a high value seems to be that a large amount of saline brine had started to pass downward through the ice. From then on the salinity slowly decreased. When the ice melted some melted water collected below the ice cover, as is shown by the low salinity value of April 19.

At Bodö (Fig. 24) the process was similar, but since freezing did not occur before



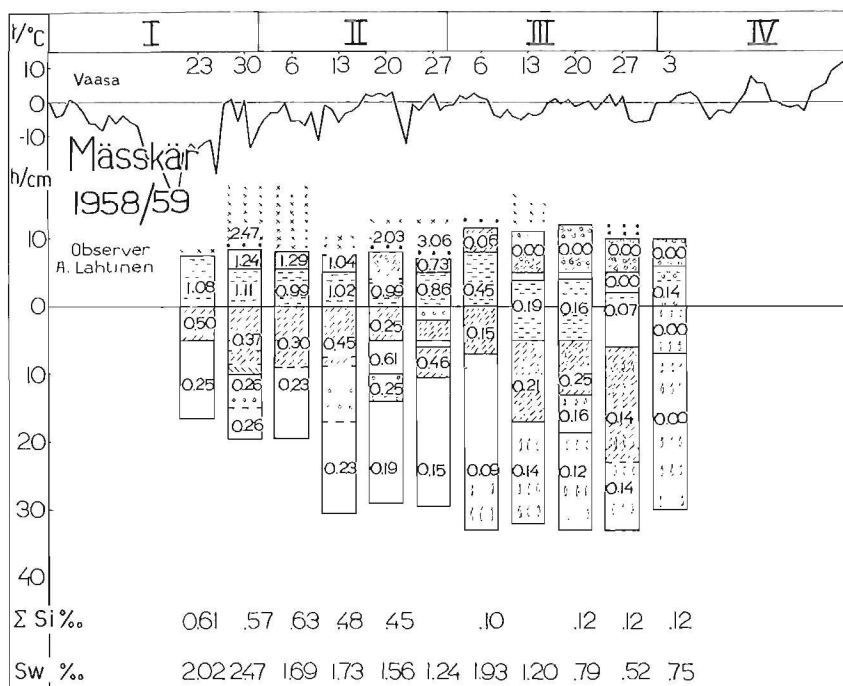
Kuva 26. Helsingissä talvella 1957/58 jäältä otetut näytteet sekä niiden suolaisuudet.  
Fig. 26. The appearance and salinity of the ice samples taken at Helsinki in the winter of 1957/58.

Saggössä olivat muodostuneen jään ominaisuudet myös lähes samanlaiset, vaikka jään muodostuminen tapahtuikin vasta helmikuun alussa. Jäälle nousseen veden jähmettyminen ei Bodössä aiheuttanut yhtä suurta suolaisuuden kasvua pintakerroksissa kuin Saggössä. Tämä johtui ehkä hitaammasta jähmettymisestä. Maaliskuun 14 päivänä jäällä olleen nousuveden suolaisuudeksi saatiin 6.58 ‰. Sen pinnalle muodostui ensin jääkuori ja vasta myöhemmin tämä jähmettyi kiinteäksi. Tällöin syntyneen jääkerroksen suolaisuus oli vain noin neljäsosa vastaavan «nousuveden» suolaisuudesta.

Porkkalassa (kuva 25) ja Helsingissä (kuva 26) suoritettavat havainnot osoittivat kehityksen olleen samanlaisen kuin muillakin eteläisillä asemilla. Helsingissä havaintopaikka sijaitsi kapeassa Harakan

February the salinity increase caused by flooding was far smaller than at Saggö. The water covering the ice on March 14 had the same salinity as the sea water, 6.58 ‰. A thin layer of ice formed on this water; the remainder was still unfrozen on March 21. The layer water between the ice layers then froze to a homogenous mass of a salinity about one quarter of that of the water from which it was formed.

At Porkkala (Fig. 25) and Helsinki (Fig. 26) the same trends are evident. The observation site at Helsinki is situated in the narrow channel between the island of Harakka and the mainland. As the ice



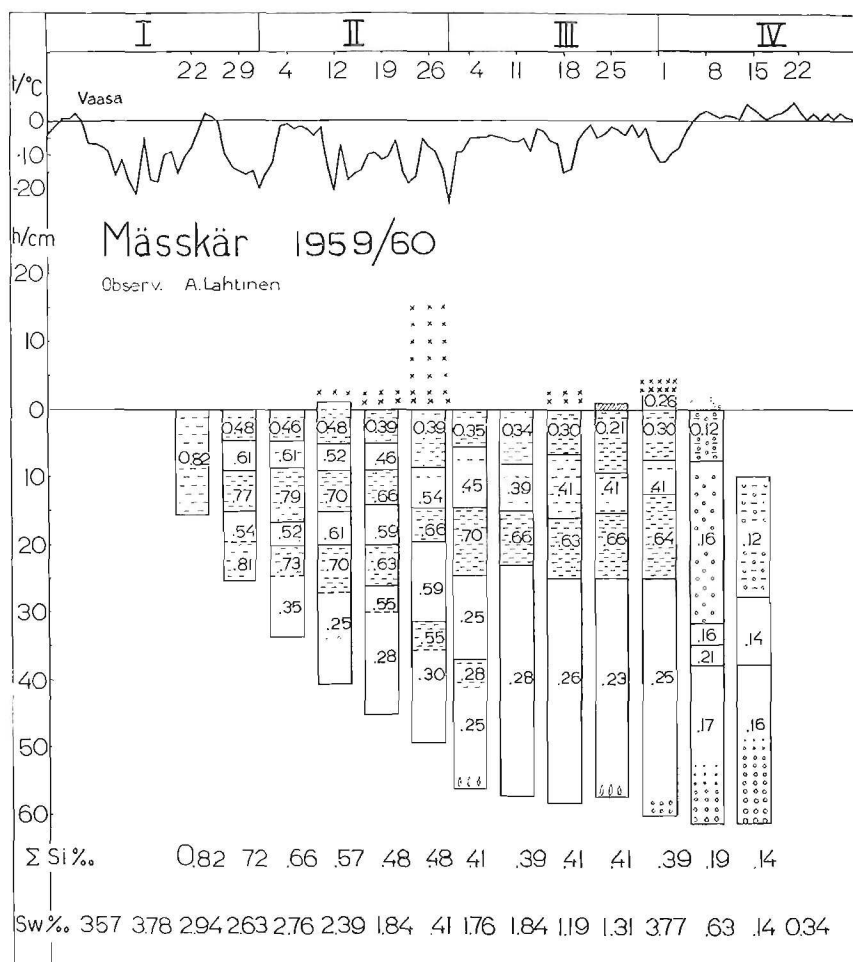
Kuva 27. Mäskärissä talvella 1958/59 jäältä otetut näytteet sekä niiden suolaisuudet.  
Fig. 27. The appearance and salinity of the ice samples taken at Mäskär in the winter of 1958/59.

salnessa, jossa rantoihin kiinnittynyt jää joutuu helposti nousuveden alle. Havaintotyö aloitettiin jo joulukuun 12 päivänä, mutta tämä jää rikkoutui ja ajautui pois. Tammikuun alussa paikka jäätyni uudelleen, mutta mittatikun paikalleen asettaminen viivästyi ja ensimmäinen suolainen kerros ehti jo sitä ennen muodostua. Voi olla mahdollista, että tämä syntyi lumen ja meriveden seoksesta jo jäätymisen yhteydessä. Myöhemmin havainnoille tunnusomaisena piirteenä oli pintakerrosten suuri suolaisuus, mikä johtui jäälle nouseesta vedestä. Havaintojen teko kevätpuolella ei sujunut säännöllisesti, ja muutamia havaintoja maaliskuussa jäi tekemättä. Tällöin juuri muodostui kohvajäätä, ja huhtikuun 3. päivänä todettiin sen määrän kasvaneen peräti 18 cm:ksi.

anchors to the rock on either side it is easily flooded. The first sample was taken on December 12, but this ice broke up and disappeared. Ice formed again in January. The ice gauge was erected only after the first layer of high salinity had formed. This layer probably formed out of snow-slush, but some flooding may have occurred. The sampling was not entirely regular later in the spring at Helsinki, and a few sampling dates were missed at the end of March, just at the time when much white-ice formed. On April 3 the depth of white-ice was 18 cms.



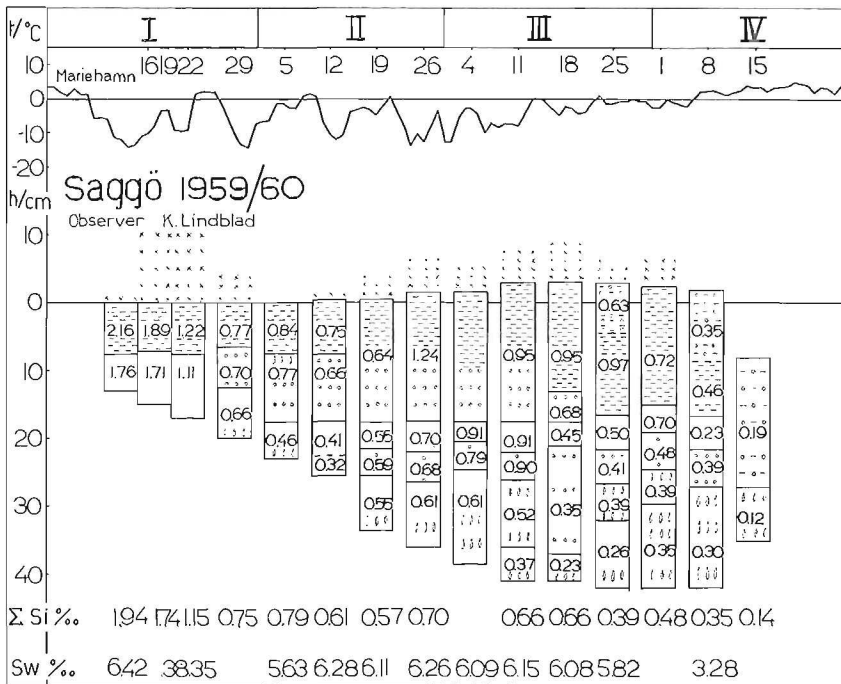




Kuva 29. Mässkärissä talvella 1959/60 jäältä otetut näytteet sekä niiden suolaisuudet.  
Fig. 29. The appearance and salinity of the ice samples taken at Mässkär in the winter of 1959/60.

Talvi 1959/60 oli suhteellisen ankara. Se alkoi pohjoisilla merialueilla varhain syksyllä ja etelässä tammikuun 5. päivänä kiristynyt pakkanen kesti pieniä lentoja väliaikoja lukuunottamatta maaliskuulle saakka. Tämän yhtäjaksoisen pakkas- kauden jää muodostui suoraan merivedestä, ja se saavutti melkoisen paksuuden. Pieniä määriä kohvajäätä muodostui pääasiassa pohjoisilla alueilla.

The winter of 1959/60, on the other hand, was again severe. Frost occurred already in early autumn. From January 5 onwards almost unbroken freezing weather prevailed over the whole country till the end of March. The ice reached an appreciable thickness, but was formed almost entirely by the direct freezing of the sea water. Only small amounts of white-ice formed.



Kuva 30. Saggössä talvella 1959/60 jäältä otetut näytteet sekä niiden suolaisuudet.

Fig. 30. The appearance and salinity of the ice samples taken at Saggö in the winter of 1959/60.

Kuusiluodon ympäristöön oli syksyllä 1959 tullut makeaa vettä ja tästä muodostunut jää oli melkein suolatonta (kuva 28). Talven mittaan muodostui sitten kohvajäätä, joskin hitaasti, ja sen suurin määrä 31 cm, mitattiin huhtikuun 15 päivänä. Viimeksi muodostunut osa oli yöpakkasten aikana jähmettynyttä sulavettä.

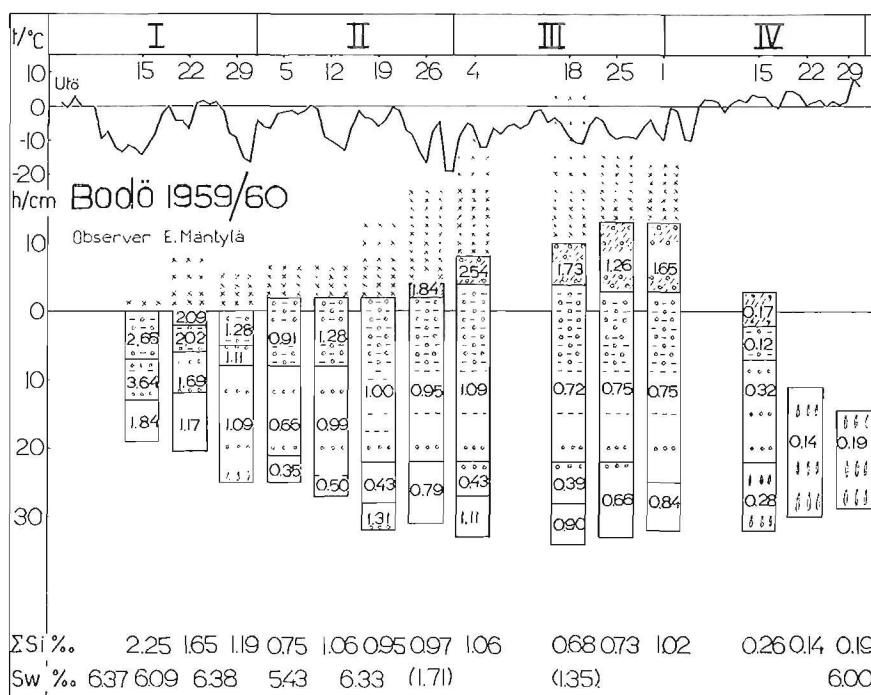
Mäskärissä (kuva 29) ensimmäisessä mittauksessa jään suolaisuus oli huomattavan suuri, mutta suolapitoisuus pyrki pienenemään. Aika ajoin jäälle noussut vesi toi lisää suolaa. Mutta lumipeitteen puuttuessa ei vesi yksin muodostanut kohvajäätä mainittavasti.

Eteläisillä merialueilla Saggössä (kuva 30), Bodössä (kuva 31) ja ja Porkkalassa (kuva 32) tammikuun alussa muodostuneessa jäässä ylimmät kerrokset olivat suolaisia. Näissäkin suolaisuus pyrki vähene-  
mään aikaa myöten. Suolaista merivettä nousi ajoittain jäälle, mutta lumipeitteen puuttuessa ei täälläkään kohvajäätä pääsyt sanottavasti muodostumaan.

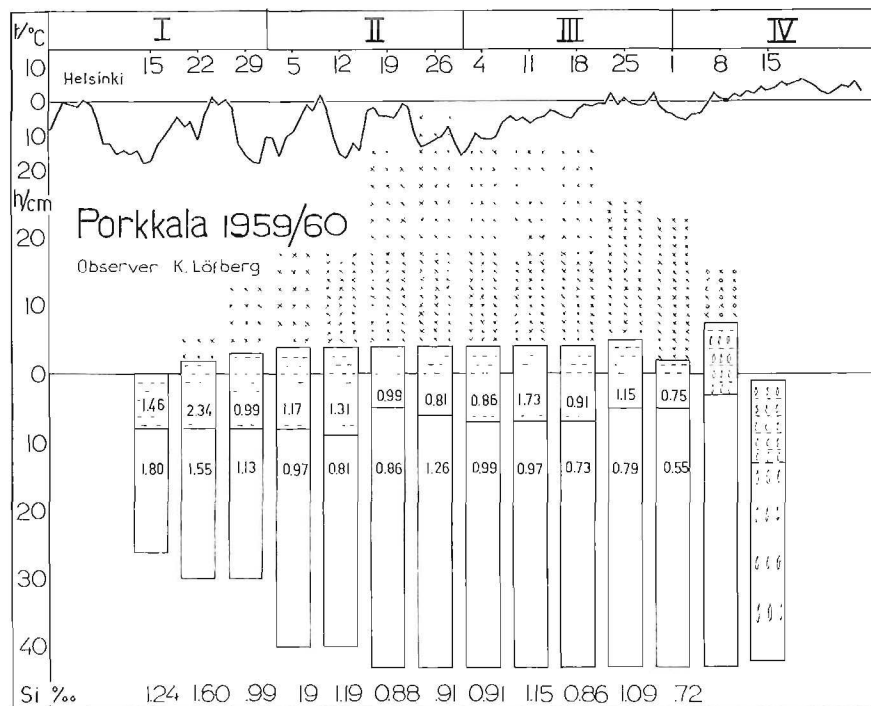
At Kuusiluoto (Fig. 28) almost fresh water was at the surface when freezing occurred and the salinity of the ice was therefore low. White-ice formed slowly and constantly and a maximum thickness of 31 cms was observed on April 15. At that date water on the ice had frozen during cold nights.

At Mäskär (Fig. 29) the first ice was rather saline, but the salinity decreased as the ice grew older. Water occasionally flooded the ice and froze, raising the salinity of the ice, but since little snow covered the ice the thickness of the white-ice remained small.

In the south, at Saggö (Fig. 30), at Bodö (Fig. 31) and at Porkkala (Fig. 32) the ice cover formed in January and the first ice was rather saline in its uppermost layers. The salinity decreased slowly. Little white-ice formed and only the topmost layers showed higher salinity values.



Kuva 31. Bodössä talvella 1959/60 jäädä otetut näytteet sekä niiden suolaisuudet.  
Fig. 31. The appearance and salinity of the ice samples taken at Bodö in the winter of 1959/60.



Kuva 32. Porkkalassa talvella 1959/60 jäädä otetut näytteet sekä niiden suolaisuudet.  
Fig. 32. The appearance and salinity of the ice samples taken at Porkkala in the winter 1959/60.